

F. J. A. BUYTENDIJK

EEN EXPERIMENTEEL
ONDERZOEK OVER DE
CIRCULATIE
IN DEN VINGER

Lane Medical Library

**Een experimenteel onderzoek
over de circulatie in den vinger**

Een experimenteel onderzoek over de circulatie in den vinger

PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DEN GRAAD VAN DOCTOR IN
DE GENEESKUNDE AAN DE RIJKSUNIVERSITEIT TE
GRONINGEN, OP GEZAG VAN DEN RECTOR-MAGNIFICUS
MR. DR. C. W. VAN DER POT, HOOGLEERAAR IN DE
FACULTEIT DER RECHTSGELEERDHEID, TEGEN DE
BEDENKINGEN VAN DE FACULTEIT DER GENEES-
KUNDE TE VERDEDIGEN OP VRIJDAG 10 AUGUSTUS
1945, TE 16.00 UUR

DOOR

FREDERIK JACOBUS ANTONIE
BUYTENDIJK

GEBOREN TE AMSTERDAM

TE ASSEN BIJ
VAN GORCUM & COMP. (G. A. HAK & H. J. PRAKKE)

Aan mijn ouders



Digitized by the Internet Archive
in 2026

VOORWOORD.

Het verschijnen van dit proefschrift biedt mij de gelegenheid U, Hoogleeraren, Oud-Hoogleeraren en Lectoren van de Faculteit der Geneeskunde te Groningen, mijn dank te betuigen voor het van U genoten onderwijs.

In het bijzonder gedenk ik de nagedachtenis van de Hoogleeraren L. POLAK-DANIËLS en G. KAPSENBERG.

Dat ik, na het einde van mijn studie, bij U, Hooggeleerde MICHAËL mijn opleiding als chirurg mocht ontvangen, beschouw ik als een voorrecht.

De goede kameraadschap en de opgewekte stemming, waarin op de chirurgische afdeeling van het Gemeente-Ziekenhuis in den Haag gewerkt werd, hebben mijn jaren daar tot een tijd gemaakt, waaraan ik steeds met vreugde zal terugdenken.

Naar U, vader, Hooggeachte Promotor, gaat wel zéér in het bijzonder mijn dank uit. Afgezien van alles wat ik aan vorming van U ontving, behooren de jaren, welke ik als student-assistent en later als assistent in het Physiologisch Laboratorium werkzaam was, tot mijn beste herinneringen. Lang hoop ik nog te kunnen genieten van Uw groote kennis ook buiten het terrein der physiologie.

Zeergeleerde DIRKEN, veel dank ben ik U verschuldigd. Uw critiek en nauwkeurigheid en Uw groote vaardigheid zijn voor het tot stand-komen van dit onderzoek van onmisbare waarde geweest, Uw vriendschap reken ik tot het beste, dat ik uit Groningen heb bewaard.

Mijn vroegere mede-assistenten en mijn proefpersonen ben ik dankbaar voor het geduld, dat ik vaak van hen in mijn proeven moest vragen.

Het technisch personeel van het Physiologisch Laboratorium dank ik tenslotte voor de hulpvaardigheid mij betoond. In het bijzonder gedenk ik hierbij de nagedachtenis van P. DRENTJE.

INHOUD.

	Blz.
INLEIDING	9
HOOFDSTUK I: Onderzoekmethoden	14
HOOFDSTUK II: Bloedvulling van den vinger	56
HOOFDSTUK III: De instroomsnelheid van het bloed in den vinger	74
HOOFDSTUK IV: Reactie van den vinger op plaatselijke, sterke afkoeling	91
HOOFDSTUK V: De vingercirculatie bij een patient met de ziekte van Raynaud	130
HOOFDSTUK VI: Correlaties	135
HOOFDSTUK VII: Bespreking van de resultaten	150
SAMENVATTING	172
LITERATUURLIJST	176

INLEIDING.

Een inzicht in den peripheren bloedsomloop bij den mensch is slechts ten deele door dierexperimenten te verkrijgen. Men kan op grond van dierproeven de algemeene functioneele beginselen, waaraan de periphere circulatie beantwoordt, vaststellen en een aantal oorzakelijke momenten opsporen, die den bloedstroom en de bloedvulling der organen kunnen bepalen. Hoe echter in werkelijkheid de circulatieverhoudingen bij den mensch onder verschillende omstandigheden zijn, laat zich noch theoretisch, noch uit dierproeven afleiden, maar moet experimenteel direct bij den mensch worden vastgesteld. Daarbij zijn wij aan enge methodische grenzen gebonden.

Vrijwel uitsluitend toegankelijk voor nauwkeurig onderzoek is de huid. Evenals echter de circulatie in de verschillende organen, hersenen, spieren, longen enz. sterke verschillen vertoont en de reactie der arteriolen, capillairen en venen in deze organen op onderscheiden prikkels ongelijk is, zoo mag men ook voor de verschillende gedeelten van de huid geen gelijke circulatieverhoudingen en reacties aannemen. Dit wordt reeds door de dagelijksche ervaring betreffende den invloed van directe mechanische en thermische huidprikkel als ook betreffende emotioneele reacties aangetoond. Het experimenteel onderzoek heeft deze locale ongelijkheid der huidcirculatie nader bevestigd. WEBER ⁽⁸⁹⁾ vond reeds, dat, hoewel volgens hem in het algemeen de vaten aan de oppervlakte van het lichaam in gelijken zin reageren, er groote verschillen in reactiewijze bestaan tusschen de vaten in de huid van extremiteiten, hoofd enz. DILLON en HERZMANN ⁽²¹⁾ beschrijven, hoe de huid van vinger en onderarm geheel tegengesteld op een bepaalden prikkel reageert.

In dit proefschrift is een studie gemaakt van de circulatie in den vinger. Op grond van de geringe circulatie in pezen en bot, circuleert het in den vinger binnenstroomende bloed practisch alleen door de huid. Volumeveranderingen, veranderingen in polsgrootte en instroomsnelheid van het bloed, berusten dan ook alleen op circulatieveranderingen in de vingerhuid. Bij de sinds MOSO en WEBER zoo veelvuldig toegepaste plethysmographie

van den onderarm wordt zoowel de circulatie in de huid als ook die der spieren bestudeerd. Volgens GRANT—PEARSON⁽³²⁾ reageeren de vaten in deze gebieden vaak tegengesteld. Het onderzoek van den vinger heeft dus methodisch groote voordeelen.

Om meerdere redenen is het onderzoek van den bloedsomloop in den vinger physiologisch en klinisch belangrijk.

Doordat de vingers normaal aan de temperatuurwisselingen van de omgeving zijn blootgesteld, is een onderzoek naar den invloed van die temperatuur op de circulatie in den vinger belangwekkend en wel mede in verband met de in den vinger voorkomende arterio-veneuze anastomosen, welke het eerste door SUCQUET⁽⁸²⁾, HOYER⁽⁴⁸⁾, GROSSER⁽³⁹⁾ en MASSON^(62, 63) beschreven zijn. Deze vormsels werden ook door SCHUMACHER⁽⁷⁵⁾ in de zwemvliezen van arctische vogels gevonden. Hij vermoedde, dat zij een rol spelen bij de locale temperatuurregulatie in die zwemvliezen.

Een analyse der circulatie in de periphere deelen der extremiteiten, in de vingers en teenen, is in het bijzonder voor de kliniek van beteekenis, daar verschillende circulatiestoornissen het eerste aan de vingers of teenen bemerkbaar zijn (voedingsstoornissen bij diabetes, thrombangiitis obliterans, ziekte van Raynaud, acrocyanose).

Het uitwerken van een goede methode van onderzoek, welke niet alleen kwalitatieve, maar ook quantitatieve bepalingen toelaat, is zoowel voor het physiologisch als ook voor het klinisch onderzoek noodzakelijk. Daardoor immers is het slechts mogelijk de circulatie in verschillende vingers of de circulatie bij verschillende proefpersonen te vergelijken.

De eenvoudigste methode ter bestudeering der huidcirculatie zou de directe microscopische waarneming der bloedvaten zijn, maar het is niet doenlijk de circulatie in den vinger zichtbaar te maken, zooals dit voor het konijnenoor met doorvallend licht GRANT⁽³⁵⁾ of met de methode van CLARK⁽¹⁸⁾, waarbij een dun laagje van het konijnenoor in een doorzichtige kamer werd opgesloten, mogelijk is. De capillairmicroscopie van het nagelbed geeft geen inzicht in de circulatie in de rest van den vinger. Bovendien zijn met deze methode slechts de oppervlakkige capillairlissen te zien. HEIMBERGER⁽⁴¹⁾ meent wel arterioveneuze anastomosen te hebben gezien, maar deze liggen zoo diep, dat KROGH⁽⁵⁰⁾ terecht aan deze waarneming twijfelt.

Een andere eenvoudige methode, de temperatuurmeting van den vinger, geeft wel is waar vergelijkbare waarden, echter geen

inzicht in de quantitatieve circulatieverhoudingen en in de wisselingen der bloedvulling. Toch is de temperatuurmeting voor een deel bruikbaar en in hoofdstuk VI heb ik deze methode met de quantitatieve plethysmographische uitkomsten vergeleken.

Tot de kennis van vaatreacties in verschillende deelen van het lichaam, heeft de volumemeting of plethysmographie van verschillende lichaamsdeelen veel bijgedragen. Mosso (⁶⁴) is de eerste, welke een plethysmograaf voor den geheelen onderarm construeerde. Dit beginsel is door vele onderzoekers toegepast, ook voor den vinger (PETERS (⁶⁷), GOETZ (³¹), WILKINS—DOUPE—NEWMAN (⁹⁴), BOLTON en CARMICHAEL (⁶).

De door deze onderzoekers beschreven plethysmografen hebben echter ieder hun eigenaardige bezwaren, zooals wijze van af-dichting, welke aan bepaalde eischen zonder te knellen moet voldoen en de wijze van bevestiging aan den vinger, welke zoo moet zijn, dat de vinger niet ten opzichte van de plethysmograaf kan bewegen, omdat anders schijnbare volumeveranderingen ontstaan. Ook maakt de groote gevoeligheid van den vinger voor locale temperatuurveranderingen het handhaven van een constante temperatuur in de plethysmograaf noodzakelijk.

In hoofdstuk I worden deze en andere moeilijkheden in discussie gebracht en zal een model-plethysmograaf worden beschreven, die aan alle te stellen eischen voldoet en exacte quantitatieve metingen mogelijk maakt. Daarbij zal ook een nieuw type van volumeschrijver worden aangegeven. Volumemeting van den vinger leert ons alleen iets over de bloedvullingsveranderingen en niets over de doorstrooming van den vinger. Dit blijkt reeds overtuigend uit een dierproef van HOLT (⁴⁷). Hij hield n.l. het volume van den achterpoot van een hond constant, en zag, hoe, ondanks het onveranderlijk volume, de doorstrooming door verschillende pharmaca met meer dan 200% kon variëeren. In hoofdstuk I zal een methode worden ontwikkeld tot het nauwkeurig meten van de instroomsnelheid in den vinger en de berekening uit de geregistreerde curve worden aangegeven. Later zal de relatieve waarde van de meting van volume en volumepols als indicatoren voor de doorstrooming van den vinger worden besproken (hoofdstuk VI). Ook zal in hoofdstuk I een methode worden ontwikkeld om op eenvoudige wijze den bloeddruk in de arteria digitalis te meten. Het bepalen van dezen druk is van belang voor het inzicht in den peripheren toestand, bijvoorbeeld bij hypertensie. In onze experimenten zal de bepaling van den bloeddruk in de arteria

digitalis herhaaldelijk worden toegepast om, bij een kleine circulatie in den vinger, zooals deze b.v. bij een sterke afkoeling of bij een lijder aan de ziekte van Raynaud tijdens een aanval optreedt, de plaats van de vaatvernauwing te onderzoeken (hoofdstuk IV en V).

Het bleek noodzakelijk de methode tot het bepalen van de vingertemperatuur, vingervolume, volumepols, instroomsnelheid en bloeddruk in de arteria digitalis nauwkeurig te beschrijven, omdat bij dergelijke bepalingen het op kleinigheden aankomt, waarvan de verwaarloozing de uitkomsten der processen onzeker maakt. Een de circulatie in den vinger bepalende factor is de toestand van den proefpersoon. Aan dezen toestand wordt in den regel te weinig aandacht besteed. Dit verklaart de vaak zeer uiteenlopende resultaten van verschillende onderzoekers. Gepoogd is dezen toestand te standardiseeren. In hoofdstuk I zal worden besproken, wat onder deze standaardconditie wordt verstaan.

Na de uitvoerige bespreking van de gevolgde methodiek, worden in hoofdstuk II en III de snel- en langzaamverlopende veranderingen in volume en instroomsnelheid besproken, zooals die in „standaardconditie” bij den normalen mensch worden gevonden.

Vooral is aandacht besteed aan den invloed van de ademhaling op de circulatie. In beide hoofdstukken zal worden nagegaan in hoeverre de verschillende circulatieveranderingen in alle vingers symmetrisch en synchroon voorkomen.

Aan het slot van beide hoofdstukken zal de zeer groote invloed van de temperatuur in de plethysmograaf op de circulatie in den vinger worden nagegaan. Bij dit onderzoek zal blijken, hoe beneden een zekere temperatuur van het water in de plethysmograaf, de doorstrooming van den gekoelden vinger, na een korte afname, zeer sterk toeneemt.

Deze merkwaardige reactie wordt, evenals de omstandigheden, waaronder zij optreedt, in hoofdstuk IV uitvoerig beschreven. Tevens zal worden nagegaan, in hoeverre deze koude-reactie van centraal nerveuzen oorsprong is of wel alleen door een proces in den gekoelden vinger zelf moet worden verklaard. Vervolgens zal in hetzelfde hoofdstuk worden nagegaan of deze reactie ook bij oude menschen en speciaal bij oudere diabetespatienten voorkomt, waarbij wij tot de merkwaardige ontdekking zullen komen, dat zij bij de laatsten bijna altijd ontbreekt.

In hoofdstuk V zal het onderzoek van een patient met de ziekte van Raynaud worden besproken. Na enkele theoretische beschou-

wingen, waarin deze diagnose wordt gerechtvaardigd, zal worden nagegaan in hoeverre de vingercirculatie van dezen lijder, buiten een aanval om, abnormaliteiten vertoont. Daarna volgt de beschrijving van eenige experimenten, welke ten doel hebben de plaats van de vaatvernauwing bij de ziekte van Raynaud te bepalen.

Nadat aldus de verschillende soorten schommelingen in de vingercirculatie bij den proefpersoon in standaardconditie, ook in verband met locale temperatuurveranderingen aan den vinger, zijn nagegaan, zal in hoofdstuk VI de overheerschende invloed van den toestand van den proefpersoon, n.l. zijn temperatuur-, warmte- of koudegewaarwording op de circulatie in den vinger bij gelijk gebleven vingertemperatuur, worden onderzocht. In dat hoofdstuk zal ook de relatieve beteekenis van de bepaling van het volume, den volumepols, de temperatuur, instroomsnelheid en bloeddruk in de arteria digitalis worden besproken en het onderling verband dier grootheden in discussie worden gebracht.

Het laatste hoofdstuk (VII) zal aan een bespreking der verkregen resultaten in verband met de literatuur worden gewijd.

HOOFDSTUK I.

ONDERZOEKMETHODEN.

I. BEPALING VAN BLOEDVULLING EN BLOEDVULLINGS- VERANDERINGEN VAN DEN VINGER.

a. Eischen, waaraan de apparatuur moet voldoen:

Het onderzoek naar de bloedvullingsveranderingen werd door registratie van de volumeveranderingen van den vinger met behulp van een plethysmograaf verricht. Deze bestaat in het algemeen uit een niet elastisch vat, dat aan de eene zijde den vinger water- en luchtdicht omsluit en waarvan het lumen aan de andere zijde met een volumeschrijver kan worden verbonden. Ofschoon het vingervolume nog wel door andere oorzaken kan variëren dan door wisselingen in de bloedvulling alleen, b.v. door een wisselend vochtgehalte in de weefsels, zoo geschieden deze veranderingen niet in den korten tijd, waarin een afzonderlijke proef verloopt. Practisch mag dan ook met zekerheid worden aangenomen, dat onder normale omstandigheden volumeveranderingen in den vinger door veranderingen in de bloedvulling van dien vinger worden veroorzaakt.

De eischen, waaraan de te gebruiken apparatuur voor een natuurgetrouwe weergave van de volumewisselingen in den vinger moet voldoen, zijn de volgende:

1. De afdichting der plethysmograaf om den vinger moet volledig zijn, echter zonder de circulatie in den vinger te beïnvloeden.
2. De plethysmograaf moet aan den vinger zoodanig worden bevestigd, dat vinger en plethysmograaf gedurende de proef niet ten opzichte van elkaar kunnen bewegen, hetgeen schijnbare volumeveranderingen van den vinger ten gevolge zou hebben.
3. Temperatuurschommelingen van de plethysmograaf of van de eventueel hierin aanwezige lucht kunnen schijnbare volumeveranderingen veroorzaken. De temperatuur van de plethysmograaf moet dus constant kunnen worden gehouden.
4. De registratie-apparatuur moet uitsluitend volumever-

anderingen en geen drukvariatiën opteekenen. Daar de bloeddruk in de capillairen en venulae van een vinger, welke zich ongeveer ter hoogte van het hart bevindt, zeer laag is, zal reeds een geringe drukverandering in de plethysmograaf een wijziging in de bloedvulling van den vinger veroorzaken. De constructie van den volumeschrijver moet dus zoodanig zijn, dat bij toenemend geregistreerd volume de druk in dien volumeschrijver *niet* toeneemt.

Aan deze 4 eischen werd op de volgende wijze voldaan:

ad. 1. Wijze van afdichting.

Voor de afdichting van vinger-, hand- en onderarmplethysmografen is door vele onderzoekers gebruik gemaakt van rubber manchetten, zoowel voor vingerplethysmografie, TURNER ⁽⁸⁶⁾, als voor armplethysmografie, HEWLETT, ZWALUWENBURG ⁽⁴⁶⁾, GRANT ⁽³²⁾, om slechts enkele auteurs te noemen.

Ook ik heb getracht rubber afsluitingen te construeeren, welke voldoende afsloten en toch geen circulatiebelemmering vormden. Ik slaagde daarin echter onvoldoende. Bij goed afsluiten en voldoende stevigheid van de afsluiting bestaat steeds het gevaar van stuwing der circulatie. Tracht men deze stuwing te voorkomen door een minder knellende afsluiting, dan is gevaar voor lekken aanwezig.

Bovendien zouden, in verband met den zeer variablen vingerdiameter der verschillende proefpersonen, een groot aantal passende rubberringen gemaakt moeten worden. Indien dunne membranen worden gebruikt, is het, vooral bij proeven van langeren duur, volstrekt ondoenlijk den vinger ten opzichte van de plethysmograaf geheel stil te houden. Geringe bewegingen veroorzaken dan door de soepelheid van het materiaal steeds storingen in het geregistreerde plethysmogram.

Ten slotte ben ik dan ook met meer succes overgegaan tot de o.a. door BOLTON, CARMICHAËL, STÜRUP ⁽⁶⁾ en GOETZ ⁽³¹⁾ gebruikte afdichting door middel van een plastische massa.

Het beste beviel mij een dikke zalf van lijnolie en zinkoxyde. Deze zalf is plastisch en bezit het voordeel goed aan huid en plethysmograaf te kleven, zoodat een veilige en drukvrije afdichting, welke tegen water bestand is, werd verkregen. De druk, welke noodig zou zijn om deze massa te verplaatsen, is tientallen malen grooter dan die, welke zelfs in een weinig idealen volumeschrijver voorkomt.

Bovendien steunt de tusschen den vinger en de zeer lichte plethysmograaf aangebrachte massa deze laatste zoodanig, dat zij niet ten opzichte van den vinger in zijwaartsche richting kan bewegen.

In alle gevallen heeft deze afdichting zeer goed voldaan. Zij is, voor den vinger, mijns inziens, de meest bruikbare.

ad. 2. Bevestiging van de plethysmograaf aan den vinger:

Bewegingen van den vinger ten opzichte van de plethysmograaf in de lengterichting vormen vanzelfsprekend een foutenbron voor het verkrijgen van een natuurgetrouw plethysmogram.

Grove willekeurige bewegingen zijn in den regel gemakkelijk uit te sluiten. Moeilijker is dit echter met kleinere onwillekeurige bewegingen van romp en ledematen, welke vooral toenemen, indien de proef lang duurt. Ook de bewegingen van den thorax met de ademhaling, planten zich in den regel op de ledematen voort. In dit verband moge gewezen worden op de groote literatuur, welke bestaat over het vraagstuk of er al dan niet volumeschommelingen van de vingers synchroom met de ademhaling voorkomen.

Verschillende onderzoekers, PETERS ⁽⁶⁷⁾, BOLTON ⁽⁶⁾, BRUNS SCHMIDT ⁽¹⁰⁾, meenen, dat deze in normale omstandigheden bestaan. Anderen ontkennen het voorkomen van deze schommelingen, terwijl GOETZ ⁽³¹⁾ in sommige gevallen het bestaan van deze schommelingen voor werkelijk houdt, in de meeste gevallen echter hun optreden een kunstproduct noemt.

Onder normale omstandigheden vond hij ze slechts één maal. DESSECKER, STEINHAUSEN en HOERNICKE ⁽²⁰⁾, ontkennen het bestaan van respiratorische volumeschommelingen in de extremiteiten. Gezien de resultaten van het hier te bespreken onderzoek houd ik het met DESSECKER en STEINHAUSEN voor waarschijnlijk, dat in een aantal gevallen de zoogenaamde respiratorische volumeschommelingen kunstproducten zijn, veroorzaakt door bewegingen van den vinger (c.q. onderarm) ten opzichte van de plethysmograaf, welke bewegingen op haar beurt door romp- of thoraxbewegingen worden veroorzaakt.

Deze bewegingen der ledematen zijn door fixatie van die ledematen niet te voorkomen, daar deze fixatie met geringen druk moet geschieden, omdat anders het gevaar voor stuwing bestaat. Door uitsluitend inzwachtelen of steunen der ledematen op een vaste onderlaag wordt alleen de huid gefixeerd. De ledematen

kunnen zich dan nog zeer wel ten opzichte van de onderlaag bewegen en dus ook ten opzichte van de plethysmograaf.

Het bovenstaande moge aantoonen, hoe belangrijk een goede bevestiging van de plethysmograaf aan den vinger is. TURNER ⁽⁸⁶⁾, BOLTON ⁽⁶⁾, GOETZ ⁽³¹⁾, WILKINS ⁽⁷⁾, DOUPE en NEWMAN ⁽⁹⁴⁾, om van de modernste auteurs slechts enkele te noemen, doen allen den betreffenden vinger met de plethysmograaf op een vaste onderlaag rusten.

Bewegingen van de ledematen brengen onherroepelijk bewegingen van den vinger ten opzichte van de plethysmograaf te weeg. BURTON ⁽¹¹⁾, die het hierboven uiteengezette bezwaar eveneens gevoelt, bevestigde om den vinger een lichte, enkelwandige plethysmograaf. De vinger wordt tijdens de proef niet gesteund, doch actief omhoog gehouden. Bij proeven van eenigermate langen duur, zooals die in den loop van het te verrichten onderzoek noodzakelijk waren, is deze houding echter niet vol te houden. Bovendien is een temperatuurregulatie bij deze enkelvoudige plethysmograaf niet mogelijk.

Een oplossing van de moeilijkheid vond ik, door de plethysmograaf verticaal aan den naar beneden hangenden vinger op te hangen, welke wijze van bevestiging bij de beschrijving van de plethysmograaf zal worden besproken.

ad. 3. De noodzakelijkheid, de temperatuur in de plethysmograaf constant en in voorkomend geval op een bepaalde hoogte te houden, c.q. te brengen, dringt zich op, indien wij van plan zijn locale temperatuurinvloeden op de circulatie van andere invloeden te scheiden. In alle proeven, waar het tegendeel niet is vermeld, werd dan ook door mij een dubbelwandige plethysmograaf gebruikt, welker wand met water van constante temperatuur werd doorstroomd. In die gevallen, waar quantitative volumeveranderingen over langeren tijd worden nagegaan, is het bovendien noodzakelijk, de plethysmograaf zelve met water te vullen. Een met lucht gevulde plethysmograaf is dan onbruikbaar, omdat bij toename van de circulatie in den vinger ook de huidtemperatuur, en daarmee de temperatuur van de lucht in de plethysmograaf, toeneemt.

Daardoor is een belangrijke bron voor fouten aanwezig, zelfs indien de watermantel doorstroomd wordt met water van constante temperatuur. De plethysmografisch geregistreerde volumeveranderingen van den vinger worden vervormd door het uitzetten of inkrimpen van de lucht in de plethysmograaf.

Om het bestaan van deze mogelijkheid voor fouten aan te

toonen, werden eenige modelproeven gedaan, waarbij een buis bij wijze van vinger in de met lucht gevulde plethysmograaf was gesloten. Deze buis werd met water van een constante temperatuur doorstroomd. Werd nu de snelheid der doorstrooming gewijzigd, dan traden (schijnbare) volumeveranderingen van de buis op, ten gevolge van meerdere verwarming of afkoeling van lucht in de plethysmograaf. In die proeven, waarin het aankwam op quantitatieve gegevens betreffende de bloedvulling, werd dan ook de plethysmograaf steeds met water gevuld. De vinger werd in die gevallen vooraf met vaseline ingesmeerd om rimpelen van de huid te voorkomen. Een bezwaar, dat PETERS (⁶⁷) tegen met water gevulde plethysmografen heeft, is zoo op eenvoudige wijze geheel te ondervangen.

ad. 4. Na een groot aantal proefnemingen werd ten slotte een voor ons doel zeer bruikbare volumeschrijver geconstrueerd, welke op een minimaal drukverschil aanspreekt en waarvan de uitslagen tevens evenredig zijn met de toegevoerde luchthoeveelheden. Dit apparaatje zal met de overige registratie-apparatuur nog uitvoeriger worden besproken.

b. Plethysmograaf.

1. Constructie:

De plethysmograaf (fig. 1) is geheel in geel koper uitgevoerd en bestaat uit een dubbelwandigen cylinder (*a*) met enkelen bodem, welke laatste centrisch doorboord wordt door een koperen buisje (*c*) van 3 mm boring. De dubbele wand is van boven afgesloten door een koperen ring (*b*), welke een boring heeft gelijk aan de inwendige maat van den cylinder, en welke een uitwendige middellijn heeft, die 8 mm. grooter is dan de uitwendige middellijn van den cylinder. Op dezen ring is een tweede, verticaal staande ring (*d*) gesoldeerd, welke een middellijn heeft gelijk aan de uitwendige middellijn van den koperen ring (*b*).

In (*d*) passen een aantal koperen ringen (*e*), welke ongeveer om den te onderzoeken vinger passen, en welke, omdat ze van een zaagsnede zijn voorzien, klemmend in den ring (*d*) sluiten. Voorts geven 2 buisjes (*f*) en (*g*) toegang tot de mantelruimte van den cylinder.

2. Bevestiging van de plethysmograaf aan den vinger:

Het is van groot belang, alle mechanische invloeden op het

plethysmogram uit te sluiten. Daarom werd, zooals reeds gezegd, de plethysmograaf in alle hierna te beschrijven experimenten aan den vinger gehangen. Op deze wijze kan men gemakkelijk uren lang volumeveranderingen door actieve of passieve bewegingen uitsluiten en dus een registratie alleen van de bloeddrukvullingsveranderingen in den vinger waarborgen.

De plethysmograaf werd op de volgende wijze bevestigd. Op de laatste phalanx van den vinger wordt een smalle strook water-

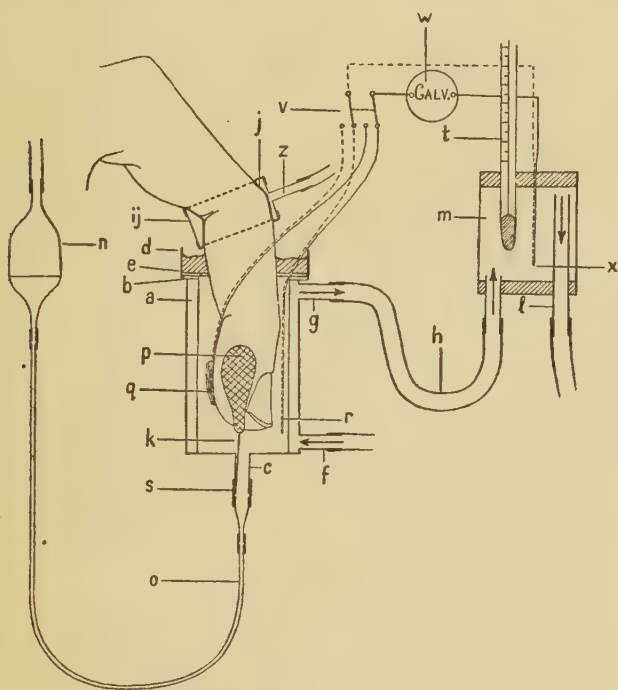


Fig. 1.

proof pleister geplakt (*p*), als in de figuur is aangegeven. Juist waar deze strook den vingertop kruist, is zij geperforeerd. In de opening wordt een koperdraadje (*k*) bevestigd, waarvan het uiteinde, na dóór het buisje (*c*) gestoken te zijn, om den rand van (*c*) wordt heengebogen. Over het buisje (*c*) en het einde van het koperdraadje (*k*) wordt een stukje dikke rubberslang geschoven (*s*). Indien de plethysmograaf met water wordt gevuld, is het goed den vinger eerst met vaseline in te smeren, teneinde maceratie van de huid te voorkomen.

Aldus hangt de plethysmograaf aan den vinger, welke gedurende

de proef eveneens verticaal naar beneden hangt. Deze wijze van bevestiging der plethysmograaf is zeer eenvoudig en eischt ook tijdens de proef nauwelijks voorzichtigheid bij het uitvoeren van bewegingen door den proefpersoon, hetgeen de rust van den laatsten, vooral gedurende langdurige proeven, zeer ten goede komt.

3. Gebruik der plethysmograaf.

Ten einde de volumeveranderingen van den vinger te registreren, is het noodzakelijk het lumen der plethysmograaf met een volumeschrijver te verbinden. Hiertoe wordt (c), door middel van een kort stuk stugge persslang (s), verbonden met een halfvasten, zijden katheter (No. 16) (o), welke op zijn beurt verbonden is met een klein glazen vat (n). Het vaatje (n) is met den volumeschrijver verbonden. Bij gebruik van plethysmografen met watervulling is het noodzakelijk er voor te zorgen, dat alle verbindingen met den volumeschrijver, waarin water komt, uit *niet*-elastisch materiaal bestaan.

Immers bij elke *snelle* volumeverandering van den vinger wordt een zekere watermassa door (c) in de bedoelde verbindingen verplaatst. Indien nu (o) uit rekbaar materiaal zou bestaan, zou door de traagheid van het water dit materiaal rekken tijdens de systolische polsgolf. Dit geeft een aanzienlijke vertekening van den geregistreerden volumepeels (een abnormale tweede verheffing). Zelfs gebruik van rubber persslang is niet afdoende. Ter voorkoming van dit euvel voldeed het gebruik van een halfvasten katheter uitstekend.

Alvorens de proef te kunnen beginnen, moet de plethysmograaf nog met water worden gevuld, en tevens moet het volume van den vinger, dat in de plethysmograaf is gesloten, worden gemeten.

Daartoe wordt (n), met de vrije opening naar beneden en lager dan de reeds aan den vinger bevestigde plethysmograaf, verbonden aan een met water van de gewenschte temperatuur gevulde buret. Langzaam worden het vaatje (n), de katheter (o) en ten slotte ook de plethysmograaf met water gevuld. De in het systeem aanwezige lucht wordt voor het water uit tusschen vinger en koperen ring (e) uitgedreven. Zoodra water verschijnt tusschen vinger en ring (e), wordt de buret afgesloten. Waar het volume van (n) + (o) + plethysmograaf bekend is, is ook het volume van het onderzochte vingergedeelte bekend. Uit herhaalde metingen aan denzelfden vinger bleek, dat hierbij slechts een maximale fout van 3 % van het vingervolume wordt gemaakt.

Vervolgens wordt (*d*) volgesmeerd met zinkzalf, zoodat de ruimte tusschen vinger en plethysmograaf goed is afgedicht.

Tenslotte wordt (*n*) losgemaakt van de buret. Loopt geen water uit het vaatje, dat lager hangt dan de plethysmograaf, dan is het wel zeker, dat de afdichting voldoende is. Het vaatje (*n*) kan daarna ter hoogte van de plethysmograaf worden opgehangen, nadat er wat water is uitgezogen.

Ondertusschen wordt de watermantel van de plethysmograaf reeds met water van de gewenschte temperatuur doorstroomd. Uit een thermostaat, welke vooral goed en constant door een electromotor moet worden geroerd, hevelt water via (*f*) door den watermantel heen. Het verlaat dien mantel door (*g*), loopt door een kort stuk geïsoleerde slang (*h*) naar een klein glazen vat (*m*), waarin de temperatuur van het water kan worden gemeten door den thermometer (*t*); het verlaat dat vat door het buisje (*l*), om vervolgens in een Erlemeyer te stroomen, van waaruit het wordt opgezogen door een zuig-perspomp, welke het opnieuw in de thermostaat pompt. Het is van belang, het water door de plethysmograaf te hevelen, en niet te pompen, om trillingen te vermijden.

De temperatuur van het water, waarmede de plethysmograaf-mantel wordt doorstroomd, kan ten allen tijde worden gecontroleerd op den thermometer in (*m*). Zelfs tijdens zeer langdurige proeven (eenige uren) blijft die temperatuur constant (tot op 0.1° C.).

De snelheid, waarmede de mantel wordt doorstroomd, is zoo groot, dat, zelfs wanneer de plethysmograaf met water van 0° wordt gevuld, dit water binnen 6 min. een temperatuur van 25° C. heeft bereikt, indien de mantel van de plethysmograaf met water van deze temperatuur wordt doorstroomd. In modelproeven werd nagegaan, of de temperatuur in de plethysmograaf beheerscht werd door die in den watermantel of door de bloedsomloop in den vinger, hetgeen natuurlijk van belang is voor het bestudeeren van den lokalen temperatuurinvloed op de vingercirculatie. Daartoe werd, in plaats van een vinger, een met water van 37° C. doorstroomde reageerbuis in de plethysmograaf gesloten. Werd de snelheid, waarmede het water in die buis circuleerde, opgevoerd van zeer laag tot boven het maximum der circulatie, ooit aan den vinger gemeten (zie later), dan bleef toch de temperatuur van het water in de plethysmograaf op een afstand van slechts 2 mm van de reageerbuis af constant. Dit beteekent dus, dat het warmte-

afvoerend vermogen van den watermantel der plethysmograaf aan het gestelde doel beantwoordt.

4. Houding van den proefpersoon.

Alle verrichte proeven moesten, wilden zij op vergelijkbaarheid aanspraak maken, in eenzelfde houding worden genomen.

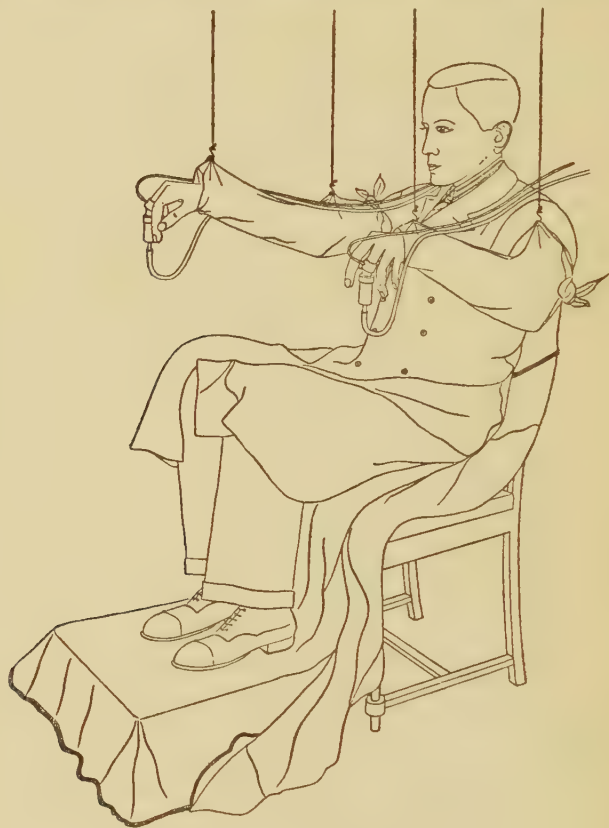


Fig. 2.

TURNER ⁽⁸⁶⁾ geeft aan, dat de bloedvulling in den vinger sterk afhankelijk is van den stand van de hand ten opzichte van het hart, hetgeen overigens op hydrostatische gronden zeer begrijpelijk is, evenals de nog te bespreken invloed, welken deze stand heeft op de grootte van den bloeddruk in de vingerarterie. Maar niet alleen de stand van de hand, ook de houding van den proefpersoon moet steeds in verschillende proeven dezelfde zijn, wil men tot vergelijkbare resultaten komen. Deze houding moet voorts zoodanig

zijn, dat zij, in de soms zeer langdurende proeven, gemakkelijk is vol te houden. Na een aantal proeven in liggende houding, werd tenslotte als standaard-opstelling de zittende verkozen in den vorm zooals afgebeeld in fig. 2.

De proefpersoon zit op een vrij lagen stoel, zoodat de knieën iets zijn opgetrokken. Hierdoor wordt wegglijden voorkomen, ook al leunt de proefpersoon tegen de rugleuning. Een deken, welke gedurende de proef wordt omgeslagen, is in de figuur ter wille van de overzichtelijkheid teruggerold.

De armen hangen in een soort losse mouw, die aan een paar haken is bevestigd, welke op elke gewenschte hoogte kunnen worden gehangen. De onderarm hangt iets in flexie en pronatie, de bovenarm in abductie en binnenwaartsche rotatie. Meestal zijn om de handen, behalve om de vingers, een paar polsmofjes geschoven om ook den handrug tegen afkoeling te vrijwaren.

In de figuur is de gelijktijdige volume-registratie van gelijknamige vingers afgebeeld door middel van enkelwandige, luchtge vulde plethysmografen.

De onderzochte zit met zijn rug gekeerd naar de geheele registratie-apparatuur en naar den proefnemer. Dit laatste is van veel belang. Het zien van „wat er gebeurt” vormt een oorzaak voor allerlei vaatreacties langs emotioneelen weg, zooals in het hoofdstuk „plethysmografie” zal worden toegelicht.

De ervaring heeft geleerd, dat deze houding zeer geschikt is, en dat zij ook voor niet-gewende proefpersonen niet de minste moeilijkheden oplevert. Bovendien kunnen zij rustig gaan ver-zitten, zonder het geschreven plethysmogram te storen.

c. Registratie-apparatuur.

1. Volumeschrijver.

Voor de nauwkeurige registratie van kleine volumina, welke zoowel langzaam (bloedvullingsveranderingen) als snel (polsuit-slagen) in den tijd kunnen veranderen, is een geschikte volume-schrijver noodzakelijk, die de volumeveranderingen ook in den tijd goed weergeeft. Gewoonlijk gebruikt men hiervoor een met een rubber membraan bespannen pelotte van het type door MAREY aangegeven.

Deze rubber pelottes hebben het nadeel, dat mèt het geregi-streerde volume ook de druk in de pelotte toeneemt, en wel *niet* evenredig. Naarmate de inhoud der pelotte grooter is, en naarmate

de geregistreerde volumeverandering kleiner is, zal immers ook de druk in de pelotte minder veranderen, maar zal ook de vergroting, waarmede de volumeveranderingen worden geregistreerd, kleiner worden. Bij snelle volumeveranderingen speelt bovendien het eigen trillingsgetal van het membraan een belangrijke rol bij het al of niet nauwkeurig registreren van deze volumeschommelingen (BROEMSER ⁽⁹⁾). Tenslotte is het een bezwaar, dat rubber membranen gemakkelijk hard worden en dat dus een herhaalde ijking der pelotte noodzakelijk is.

Indien volumeveranderingen van twee vingers vergeleken moeten worden, is het zeer moeilijk aan de rubber membranen, waarmee twee verschillende pelottes zijn bespannen, een gelijke beginspanning te geven.

Na al deze bezwaren ondervonden te hebben, kwam registratie door middel van een in een horizontale capillair bewegelijken waterdruppel in aanmerking, welke registratie zonder twijfel nauwkeurig is.

Een dergelijke registratie werd o.a. door GOETZ ⁽³¹⁾ en PETERS ⁽⁶⁷⁾ toegepast.

Technisch heeft deze methode groote bezwaren, zooals het breken van den druppel in het capillair, moeilijke instelbaarheid der optiek, het niet gelijktijdig kunnen registreren van twee bewegende druppels over dezelfde nauwe cameraspleet, hetgeen in ons onderzoek juist noodzakelijk was.

Een eenvoudige wijze van het registreren van volumeveranderingen is die, welke van een „piston-bellow” of „float recorder” gebruik maakt, waarvan de uitslagen op een beroete trommel of fotografisch vastgelegd worden. Het schrijven op een trommel komt in mijn proeven niet in aanmerking, omdat de krachten, waarover kan worden beschikt, zeer gering zijn. Maar ook verder zijn genoemde „recorders” ongeschikt door hun groote trage massa.

Een voor ons onderzoek geschikte volume-„recorder” moet aan de volgende eischen voldoen:

- 1^e. Groote gevoeligheid en proportionaliteit.
- 2^e. Geen drukverhooging in de „recorders” bij toenemend geregistreerd volume.
- 3^e. Het zonder traagheid en dus zonder verteekening weer-geven ook van snel verloopende volumeveranderingen (polsgolven).
- 4^e. Stabiliteit der apparatuur in den tijd, zoodat herhaaldelijke ijking niet noodig is.

5^e. Het moet mogelijk zijn twee gelijke of practisch gelijke „recorders” te bouwen voor het gelijktijdig registreeren van volumeveranderingen van meer dan één vinger.

6^e. Een aan de te registreeren volumina aangepaste vergrooting.

In figuur 3 is de „recorder” afgebeeld, zooals die ten slotte is geconstrueerd (BUYTENDIJK, DIRKEN (¹³)).

In den hollen koperen cylinder A zijn twee openingen. In één daarvan is het buisje B gesoldeerd, dat met de plethysmograaf moet worden verbonden. In de andere, welke in het deksel C is aangebracht, past een licht gebogen gelatine capsule D. Tusschen deze capsule en C blijft rondom slechts een spleet van 0.2 mm bestaan.

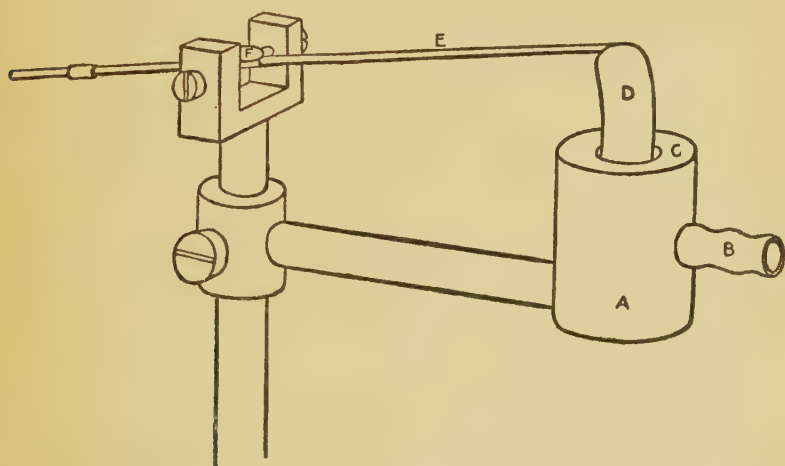


Fig. 3.

De gelatine capsule D is er een, zooals er bij elken drogist verkrijgbaar zijn. De capsule wordt in stoom geweekt en wordt daarna, door haar over een gebogen koperen stang te schuiven, in den goeden vorm gebracht. Nadat de capsule is gedroogd, wordt zij binnen en buiten gelakt, zoodat vocht op de capsule niet meer kan inwerken. Het klokje D is geplakt aan een dun glazen staafje E, dat in een aluminium kokertje past, hetwelk op zijn beurt is bevestigd in een koperen blokje, dat om een tusschen stelschroeven opgesloten stalen as draait.

Op het koperen blokje is, zoo dicht mogelijk bij de as, een kleine holle spiegel F geplakt (sterkte $\frac{1}{2}$ D.). Door een verschuifbaar contra-gewichtje, kan de hefboom uitgebalanceerd worden.

Tusschen D en C laten wij voor het gebruik van den „recorder” een druppeltje dibutylphtalaat loopen, dat zeer geschikt bleek deze kleine spleet af te dichten. Door haar geringe oppervlakte-spanning en viscositeit vertraagt deze vloeistof de beweging van den „recorder” vrijwel niet. De afdichting is echter goed, want een druk van 10 mm. water is noodig om de lucht door deze vloeistofafsluiting heen te persen. Daar de massa van den hefboom uiterst gering is, wordt deze druk nimmer bereikt, ook niet bij plotselinge volumeveranderingen. Het meetbereik van den „recorder” is ongeveer 500 mm³. De eigenschappen van dezen „recorder” voldeden in alle opzichten aan de gestelde eischen.

ad. 1^e. De gevoeligheid is zeer groot, volumeveranderingen van 1 mm³. worden foutloos en reproduceerbaar geregistreerd, zij geven een uitslag van 0.48 mm. op het fotografisch papier.

De wrijving der capsule met het phtalaat is te verwaarloozen klein.

Door het inbrengen van een groot aantal gelijke quanta lucht in den „recorder” door middel van een geijkte buret werd de proportionaliteit als zeer goed bevonden.

Blijkbaar heeft de regelmatige vorm der capsule niet geleden door het aanbrengen der zwakke kromming.

ad. 2^e. Door het practisch wrijvingsloos bewegen van den uitgebalanceerden hefboom, door de uiterst geringe massa van dien hefboom en ook door de geringe viscositeit van het phtalaat gaat het inbrengen van quanta lucht, zelfs met groote snelheid, niet met registreerbare drukverhoogen in den „recorder” gepaard. Het apparaat is dus werkelijk alléén volumemeter.

ad. 3^e. De traagheid werd onderzocht, door met toenemende snelheid kleine, gelijke hoeveelheden lucht ($3 \times$ het grootste volume, dat door een volumepols wordt verplaatst) in den „recorder” te brengen. Het uiteindelijk volume is onmiddellijk bereikt, zonder dat dus de hefboom om een evenwichtsstand oscilleert. Het inbrengen van een bepaald quantum gas met een snelheid, varieerende van 55 tot 274 mm³ per seconde, gaf precies gelijke uitslagen van den „recorder”. Binnen deze grenzen, welke ruim genoeg zijn voor het gestelde doel, n.l. om ook de systolische polsgolf foutloos te reproduceeren, is dus de traagheid van het instrument te verwaarloozen.

Bij nog grootere snelheid van inbrengen der luchtquanta schommelt de hefboom een moment om zijn uiteindelijken stand. Steeds echter is deze binnen 0.05 sec. bereikt.

ad. 4^e. De houdbaarheid der capsule is zeer goed. Eén der

„recorders” was negen maanden in gebruik zonder fouten te vertoonen.

ad. 5^e. Daar de in den handel verkrijgbare capsules allen goed gelijk zijn, is het eenvoudig, practisch identieke „recorders” te bouwen, hetgeen voor vergelijkende onderzoeken van belang is.

ad. 6^e. De vergrooting kan, afhankelijk van de doelstelling van den gebruiker, geschikt worden gekozen, door de afmetingen van capsule, hefboomlengte en spiegelstraal te veranderen. Een zeer geschikte inhoud voor het klokje is 500 mm³. Samenvattende meen ik, dat de beschreven „recorder” behalve voor proeven met de vingerplethysmograaf ook voor vele andere physiologische onderzoeken zeer bruikbaar zal blijken te zijn.

2. Verbinding plethysmograaf en volumeschrijver.

Aan de verbinding van plethysmograaf met volumeschrijver wijdden wij reeds eenige woorden.

Opgemerkt werd, hoe het steeds, daar waar een met water gevulde plethysmograaf werd gebruikt, noodzakelijk was, dat voor bedoelde verbinding *niet*-elastisch materiaal, in den vorm van een halfvasten, zijden katheter, No. 16 werd benut. Vooral bij snelle volumeveranderingen (pols golf tijdens systole), moet een zeker quantum water, dat soms 25 mm³. groot kan zijn, worden verplaatst. Door de traagheid van dit water zal de druk in het met water gevulde deel der verbindingen een kort moment stijgen. Dit heeft tot gevolg, dat, indien elastisch materiaal wordt gebruikt, de slang wordt uitgerekt. Niet de totale volumepols wordt dientengevolge geregistreerd. Voorts wordt een te sterke dicrotie gevonden, omdat op de normale dicrotie nog de schijnbare volumetoename van den vinger, welke het gevolg is van het weer innemen van het normale volume door de kortdurend gerekte slang, wordt gesuperponeerd. Voorts heeft een dunne rubber slang de neiging, zich onder invloed van de tijdens de systolische pols golf verplaatsende watermassa, te strekken en te bewegen. Deze beweging van de rubberslang kan verteekeningen van het plethysmogram veroorzaken.

Het spreekt verder wel haast vanzelf, dat de hier bedoelde verbindingen tusschen plethysmograaf en volumeschrijver zoo kort mogelijk werden gehouden. Indien echter een plethysmograaf met lucht vulling wordt gebruikt, zijn bedoelde voorzorgen onnoodig. De massa der lucht is zoo te verwaarloozen klein, dat zij geheel

buiten rekening kan worden gelaten. In dat geval kan dunne rubberslang worden gebruikt voor de bedoelde verbindingen.

3. Fotokymographion.

Wegens de vereischte sterke vergrooting en de geringe beschikbare krachten was fotografische registratie een gebiedende eisch. Gebruikt werd een, door een synchroommotor aangedreven kymografion met 12 cm breed bromide papier.

Door middel van een electromagnetische koppeling was het mogelijk, het papier op ieder gewenscht moment van snel, langzaam te doen loopen en omgekeerd. De verschillende snelheden waren bovendien door transmissies gemakkelijk regelbaar.

4. Tijdsignaal.

Voor het berekenen en uitmeten der curven was een betrouwbaar tijdsignaal onontbeerlijk. Hiervoor deed dienst een electrisch aangedreven grammofoon-motor met regelbaar toerental; op de as was een holle spiegel gemonteerd, welke 60 omwentelingen per minuut maakte. Van een achter het kymographion geplaatste lijnlamp werd door den spiegel $60 \times$ per minuut een scherp beeld op de spleet der camera gevormd. Ook de gebruikte „recorders” werden zoo gesteld, dat de bevestigde spiegeltjes, door middel van daarboven opgestelde prisma's scherpe beelden van het lijnlampje op de camera wierpen.

d. Berekening der volumeveranderingen uit het geschreven plethysmogram.

Het is voor het kwalitatief onderzoek van volumeveranderingen in den vinger van betrekkelijk weinig belang te weten, hoe groot deze zijn. Van grooter belang wordt dit, wanneer de volumeveranderingen van verschillende vingers van één of van verschillende handen worden vergeleken naar hun grootte en ook, wanneer de resultaten van verschillende experimenten moeten worden vergeleken.

Alle in dit proefschrift voorkomende diagrammen zijn ontstaan door de uit de fotografische curve gemeten waarden om te rekenen voor een vingervolume van 10 cc., hetgeen mogelijk is, omdat het vingervolume, dat in de plethysmograaf is gesloten, bekend is.

Bovendien zijn alle volumeveranderingen uitgedrukt in mm³, hetgeen dus noodig maakte, dat de gebruikte „recorders” werden

geijkt, d.w.z. dat bekend moest zijn, hoeveel mm^3 lucht, in de „recorders” gebracht, een uitslag op het bromide papier van 1 mm gaf.

In den regel werd in elke proef het beginvolume van den vinger als nullijn aangenomen. Alle volumina daarboven waren positieve, alle volumina daarbeneden negatieve volumeschommelingen. Steeds werd als het volume op een zeker moment het diastolische volume van den vinger genomen, d.i. het volume van den vinger aan het einde of het begin van iedere polsgolf. Het aantal mm^3 , dat dit diastolische volume boven of beneden de nullijn lag, moest met een correctiefactor, welke afhankelijk was van de vergrooting der pelotte worden vermenigvuldigd. Om de volumeveranderingen in mm^3 per 10 cc. vinger te berekenen, moesten deze waarden opnieuw worden herleid, door die waarden met een factor, afhankelijk van het gebruikte vingervolume, te vermenigvuldigen.

De, op de hierna volgende diagrammen afgebeelde punten zijn de gecorrigeerde resultaten van metingen der bloedvulling tijdens elkander, met meer of minder groote tusschentijden, volgende diastolen, gemeten aan de oorspronkelijke photographische curven. De gevonden punten zijn eenvoudig verbonden door rechte lijnen, waardoor het mogelijk is, dat onbelangrijke en kortdurende schommelingen van de bloedvulling werden uitgeschakeld.

II. BEPALING VAN DE INSTROOMSNELHEID VAN HET BLOED IN DEN VINGER.

a. Methode.

De hiervoor beschreven, zeer gevoelige methode om volumewisselingen van den vinger te meten, werd door mij gebruikt om de hoeveelheid bloed te bepalen, welke per tijdseenheid in den vinger stroomt, m.a.w. om de circulatiesnelheid in den vinger in getalwaarden uit te drukken. Vroegere auteurs, die plethysmografische onderzoekingen verrichtten, meenden, dat een grootere bloedvulling altijd gepaard gaat met een toenemende circulatie in arm, hand of vinger, doordat de arteriën in de onderzochte objecten wijder werden. Het moge in het algemeen wel juist zijn, dat circulatie en bloedvulling gewoonlijk in dezelfde richting veranderen, toch was dit een punt, dat nog nimmer onderzocht was, terwijl reeds GANTER en SCHRETZENMAYR (²⁹) erop wezen,

dat de gewoonte, een verandering in bloedvulling van een orgaan gelijk te stellen aan een wijder worden der arteriën in dat orgaan, op theoretische gronden niet toelaatbaar is.

In den loop van het verrichte onderzoek zal blijken, dat inderdaad de doorstrooming tot op zekere hoogte onafhankelijk van het volume kan toe- of afnemen. Het beginsel der gevolgde methode, om de per tijdseenheid in den vinger circuleerende hoeveelheid bloed te meten, is zeer eenvoudig. Het werd door HEWLETT en ZWALUWENBURG ⁽⁴⁶⁾ aangegeven. Genoemde auteurs maten de circulatie-intensiteit in den onderarm naar het volgende principe. De onderarm was in een met water gevulde plethysmograaf gesloten. Proximaal daarvan werd een bloeddrukmanchet om den arm gelegd. Wordt de druk in de manchet snel gebracht van 0 op 60—70 mm Hg. (een druk lager dan de diastolische bloeddruk) dan zien HEWLETT en VAN ZWALUWENBURG het armvolume, afhankelijk van den toestand enz. van den proefpersoon, meer of minder snel toenemen. De toename van het armvolume in den tijd kan n.l. worden gemeten door een, met het lumen der plethysmograaf verbonden volume-„recorder” op een roettrommel te laten schrijven.

Het arterieele bloed stroomt den arm aanvankelijk ongehinderd binnen, het veneuze bloed blijft in den arm gestuwd, totdat in de venen een druk heerscht, welke den stuwdruk juist iets overschrijdt, daarna zijn de den arm per tijdseenheid binnenstroomende en uitstroomende hoeveelheden bloed gelijk.

Het is duidelijk, dat de toename van het armvolume zoo ongeveer volgens een logarithmische curve moet verlopen. Het eerste gedeelte dier curve zal bijna rechtlijnig zijn. Dan toch is nog het geheele veneuze reservoir met zijn slappe wanden ter beschikking van het den arm binnenstroomende bloed.

Pas indien de druk in de venen begint toe te nemen, zal ook de volumetoename van den arm minder snel zijn ten gevolge van den groteren tegendruk, welke het arterieele bloed ondervindt.

Het is natuurlijk slechts uit het eerste gedeelte der verkregen stuwingscurve, dat wij berekeningen omtrent de circulatie in den onderarm mogen maken. Dan toch zijn de drukverhoudingen pas vergelijkbaar met de werkelijkheid. Kortheidshalve zal soms de hoeveelheid bloed, welke per tijdseenheid een lichaamsdeel binnenstroomt, met „inflow”, de hoeveelheid bloed, welke in dien tijd dat lichaamsdeel verlaat, met „outflow” worden aan-

geduid, in navolging van Engelsche en Amerikaansche onderzoekers op dit gebied.

Voor de „inflow”-bepaling in den vinger werd door mij het hierboven beschreven beginsel van HEWLETT en ZWALUWENBURG gevolgd.

Om den vinger, boven de beschreven plethysmograaf, wordt een stuwmanchetje geschoven, hetwelk een variatie is op het Gaertnersche model, door GAERTNER gebruikt voor bloeddruk-bepaling in den vinger. (28).

Een afbeelding van het manchetje (op doorsnede) kan worden gevonden in figuur 1. De manchet bestaat uit een koperen ring (*ij*) van 1 cm hoogte, welke aan beide randen een ranuurtje heeft. In een op halve hoogte door den ring geboord gat is een buisje (*z*) van $1\frac{1}{2}$ mm boring gesoldeerd. Door het lumen van den ring is een rubber buis (*j*) van gelijken diameter geschoven, van zeer dunne en elastische rubber gemaakt. De einden dier buis worden om de randen van den ring geslagen en met stevig garen achter den verdikten rand luchtdicht vastgesnoerd. Vervolgens wordt de buitenkant van den ring geheel met gesmolten was ingesmeerd. Op deze wijze is een stuwmanchet verkregen, welke het beste met een gewone bloeddrukmanchet (van RIVA-ROCCI), waarvan de linnen band door een metalen ring is vervangen, vergeleken kan worden.

Vanuit een druktank, waarin de druk reguleerbaar is en waarmee de manchet door een dunne slang is verbonden, kan de manchet op ieder gewenscht moment worden opgeperst tot den in die tank heerschenden druk. In den regel gebruikten wij een druk, welke de 50 mm Hg. niet te boven ging. Uit de volumetoename van den vinger tijdens de stuwing kan de „inflow”-grootte der circulatie in dien vinger worden berekend, analoog aan de wijze, waarop HEWLETT en ZWALUWENBURG dit voor den arm deden.

Methoden ter bepaling van de instroomsnelheid van het bloed in den vinger werden beschreven door WILKENS, DOUPE, en NEWMAN (84) en door BURTON (11). Van de door hen opgedane ervaringen werd door mij ten deele gebruik gemaakt.

Omdat niet zoozeer het beginsel der methode toelichting vereischt, maar juist de practische uitvoering moeilijkheden kan meebrengen, wil ik hier de voornaamste factoren, welke het resultaat der instroomsnelheidsbepaling zouden kunnen beïnvloeden, bespreken.

Van belang zijn:

1. Plaats van de plethysmograaf.

De vorm van den vinger dwingt ons welhaast, in de plethysmograaf slechts de laatste en een deel van de tweede phalanx te sluiten. Boven de plethysmograaf toch moet nog een stuwmanchet om den vinger zijn plaats vinden, en wel bij voorkeur om het eerste interphalangeaal gewricht. Wanneer het eerste interphalangeaal gewricht vrij blijft, kan de vinger in licht gebogen houding naar beneden hangen, hetgeen noodzakelijk is om de plethysmograaf geheel door den vinger te doen dragen. Bovendien is de instroomsnelheid in de laatste phalanx zooveel grooter dan in de eerste en tweede phalanx, dat het van betrekkelijk weinig invloed is of de eerste, en een deel van de tweede phalanx, buiten de plethysmograaf blijven.

Voorts is het juist het gedrag der terminale phalanx, dat onze interesse heeft, in verband met haar groote rijkdom aan arterio-veneuze anastomosen (GRANT, BLAND ⁽³³⁾).

2. Plaats van de stuwmanchet.

De stuwmanchet werd door WILKENS, DOUPE, NEWMAN en ook door BURTON om de meest proximale phalanx geschoven. De diameter van deze phalanx is bij de meeste proefpersonen kleiner dan de grootste doorsnede van het eerste interphalangeaal gewricht. Het gevolg is, dat het metalen stuwmanchetje bijna steeds te wijd is voor deze phalanx, hetgeen zijn bijzondere lasten medebrengt, zooals het niet goed afsluiten, makkelijk springen van het dunne, den ring bekleedende membraan, het noodig hebben van een hooger stuwdruk om het membraan over den geheelen omtrek tegen den vinger te doen aanliggen. Deze factor is vooral belangrijk, indien wij den bloeddruk in de arcus volaris met de nog te bespreken methode willen bepalen.

Is de ring te wijd, dan is een onbekend gedeelte van den druk noodig om het membraan te rekken, voordat het aan den vinger aansluit. Daarom is het noodig een rubber ring te gebruiken, waarvan de rubber bekleding in ongespannen toestand tegen de huid aanligt, zoodat de druk rechtstreeks op de weefsels wordt overgebracht.

Den stuwband om den pols te leggen verdient in nog mindere mate aanbeveling, daar, bij stuwing, het groote veneuze stroombed van de hand al het bloed van den vinger gedurende eenigen tijd opneemt, vgl. GRANT ⁽³²⁾. Pas na verloop van tijd, afhankelijk

van de instroomsnelheid en de bloedvulling der venen, begint het vingervolume te stijgen.

Waar dit alles factoren zijn, die slecht geschat kunnen worden en een routinebepaling schaden, verdient het volgens mij aanbeveling, den goed passenden stuwring over het eerste interphalangeaal gewricht te schuiven. Bovenvermelde moeilijkheden doen zich dan niet meer voor, daar dit gewricht in bijna alle vingers het dikste deel van den vinger is.

Van een inpersen van weefsel in de plethysmograaf, zooals ABRAHAMSON, ZAZEELA, en MARRUS ⁽¹⁾ bij hun „inflow”-bepalingen aan den arm zien, is geen sprake, daar de plethysmograaf aan den vinger hangt.

Omdat in den vinger vaatjes op een willekeurige plek in het bot kunnen anastomoseeren met bloedvaten proximaal en distaal van die plaats, zijn wij nooit volkomen zeker, dat bij opblazen van de manchet werkelijk al het bloed gestuwd wordt; het is ook daarom beter juist op het gewricht te stuwen.

3. Breedte van de manchet.

Naar mijn ervaring is de meest practische breedte van de manchet 10—12 mm. Is de manchet te smal, dan bestaat opnieuw het gevaar, dat zij niet goed tegen den vinger aanligt en dat er dus een zeker percentage van den stuwdruk noodig is voor de vervorming van het rubber membraan.

Een wat bredere manchet voegt zich gemakkelijker naar de eigenaardigheden van het vingeroppervlak en naar de nooit geheel ronde vingerdoorsnede op het gewricht (zie fig. 1). In dat geval alleen zijn wij zeker, dat de druk in de manchet ook werkelijk de druk is, waarmede gestuwd wordt.

4. Passen van de manchet.

Als criterium voor het goed passen van de manchet nam ik het al of niet optreden van stuwring in den vinger, welke stuwring zich als een volumetoename in het plethysmogram voordeed, wanneer een druk van 10 mm Hg. in de manchet werd gebracht. Na eenige ervaring is het steeds mogelijk, een goed passende manchet uit een kleine voorraad manchetten van verschillende maat te kiezen. Gemaakt werd een serie manchetten van 22 tot 16 mm inwendige middellijn, afnemend met $\frac{1}{2}$ mm.

5. Soepelheid van het rubber membraan.

Het rubber membraan, waarmede de manchet bespannen is,

moet dun en soepel zijn om zich naar alle plooiën van den vinger te voegen, en moet ongeveer tegen den metalen ring aanliggen zonder plooiën te vormen. Dergelijke rubber membranen werden gemaakt, door reageerbuizen van verschillende wijdte, goed ingewreven met talkpoeder, te dompelen in een dun vloeibare oplossing van geplasticeerde rubber in benzol. Deze indompeling werd, al naar de gewenschte dikte der membranen 10 à 15 maal herhaald. Tusschen elke indompeling moest de benzol volledig verdampen. Om voorts de dikte gelijkmatig te houden, werd de buis beurtelings met de opening naar boven en naar beneden te drogen gezet. Nadat de laatste laag goed droog was, werd nat ge vulcaniseerd gedurende 30 à 50 seconden in een oplossing van SCl_2 (3%) in zwavelkoolstof, daarna gespoeld in een NaHCO_3 -oplossing, en ten slotte in water. Met een gedeelte van de zoo verkregen rubber buis, welke goed met talkpoeder moest worden ingewreven, werd de binnenzijde van den metalen ring bespannen.

6. Stuw druk.

De vraag, hoe sterk wij moeten stuwen om met zekerheid allen veneuzen afvloed te belemmeren en toch niet sterker te stuwen dan redelijker wijze noodzakelijk is, is betrekkelijk eenvoudig. Indien de stuwmanchet zoodanig past, dat reeds bij een druk van 10 mm Hg. in die manchet stuwing optreedt, kan de stuwdruklaag zijn.

In figuur 4 zijn weergegeven de berekende waarden voor de instroomsnelheid in een vinger, waarvan onder gelijke condities bij verschillenden stuwdruk een aantal malen achtereen, met tussenpoozen van 10 sec., de instroomsnelheid werd bepaald. De groote

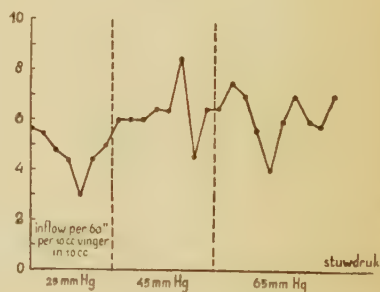


Fig. 4.

schommelingen, welke die waarden vertoonen, komen later ter sprake. De gemiddelde waarde voor de instroomsnelheid, gevonden bij een stuwdruk van 25 mm Hg., ligt hier lager dan die, gevonden bij een stuwdruk van 45 mm Hg. Oorzaak daarvan is waarschijnlijk het stugge vingerweefsel. De gemiddelde waarden der instroomsnelheid bij 45 en 65 mm stuwdruk zijn gelijk. Slechts verschilt, bij stijgenden stuwdruk, het totaal der volumetoenamen in een zekeren tijd, een maat dus voor de volume-

elasticiteit van het bloedreservoir, vgl. BURTON ⁽¹²⁾. Waar de gemiddelde systolische bloeddruk in den vinger bij normale proefpersonen varieert tusschen 85 en 120 mm Hg., is een stuwdruk van 50—60 mm Hg. de meest geschikte, daar hij ook tijdens de diastole de instroomsnelheid niet moet belemmeren. BURTON ⁽¹¹⁾ gebruikt eveneens een stuwdruk van 55 mm Hg.

7. Duur van de stuwing.

Het verdient aanbeveling niet langer te stuwen dan noodzakelijk is, om de instroomsnelheid uit de verkregen curve te berekenen. Bij niet te kleine instroomsnelheid is het stuwen gedurende twee polsen als regel voldoende, omdat — zooals uit de beschrijving van de methode van HEWLETT en ZWALUWENBURG ⁽²⁾ blijkt — de instroomsnelheid van het bloed in den onderzochten arm slechts berekend kan worden uit de beginstijging der volumetoename van dien arm. Een te langdurig stuwen zou ten slotte tot een reactieve hyperaemie kunnen leiden, en bovendien kunnen de opeenvolgende bepalingen bij meer langdurige stuwing elkaar minder snel volgen, hetgeen juist bij hogere waarden voor de instroomsnelheid van belang is, in verband met de groote verschillen tusschen de instrooming in op elkander volgende momenten. Bij kleine „inflow”waarden moet de stuwing iets langer duren, wil de bepaling niet aan nauwkeurigheid inboeten. In dat geval echter zijn de schommelingen dier waarden minder groot en frequent, zoodat wij met minder bepalingen toch een goed inzicht in het verloop der instroomsnelheid kunnen verkrijgen.

8. Moment van stuwing.

Het moment, waarop wij de druktank in verbinding brengen met de stuwmanchet, is, vooral bij groote instroomsnelheid voor de berekening der curven van belang, zooals bij de bespreking dier berekening zal blijken.

Met eenige oefening gelukt het steeds de stuwing tijdens de diastole te doen beginnen, bij voorkeur tegen het einde van de diastole. Waar de proefnemer de plethysmografisch-geregistreerde schommelingen van den volumepols op de spleet der fotografische camera ziet afgebeeld, kost hem deze voorzorg in het geheel geen moeite. Door middel van een speciaal geconstrueerde kraan is het mogelijk de stuwing zoowel op ieder gewenscht moment te beginnen als te onderbreken.

9. Regelmaat der bepalingen.

Het is mijn ervaring, dat een op willekeurige momenten opblazen van de stuwmanchet de proefpersoon kan doen „schrikken”. Zoo hijzelf al geen schrik aangeeft, dan vertoont toch zeer vaak zijn vingercirculatie hetzelfde beeld, dat bij werkelijk schrikken te zien is, nl. een plotseling dalen van instroomsnelheid en vinger-volume.

Voor het nagaan van het verloop der instroomsnelheid is dus een regelmaat in de bepalingen een eisch. Al heel spoedig went nl. de proefpersoon aan een bepaald gekozen rythme van stuwing en geeft hij niet alleen aan niet meer te schrikken van de merkwaardige sensatie, welke het onverwachts opblazen der manchets geeft, doch ook objectief blijkt (o.a. uit het plethysmogram van een anderen vinger van denzelfden proefpersoon gemaakt), dat de vingers geen plotselinge volumedalingen bij schrikreactie meer vertoonen.

b. Berekening der instroomsnelheid uit de verkregen curven.

Fig. 5 is de afbeelding van een stuwingscurve, zooals die met de in vorige bladzijden beschreven methode werd gemaakt.

Voordat ik tot een bespreking der berekeningen uit de gevonden curve wil overgaan, wil ik eerst een enkel punt betreffende de curve naar voren brengen.

In de afgebeelde figuur ligt het begin van de volumepolsgolven op de lijn A. Bij B wordt de stuwmanchet om den vinger plotseling in verbinding gebracht met een druktank, waarin een druk van 50 mm Hg.

heerscht. B C is een artefact. Vanaf C stijgt het vinger-volume gestadig, en wel in dit geval volgens een rechte lijn. De beginpunten van een systole liggen op de rechte D H. Zooals gezegd is B C een artefact, dat echter nader geanalyseerd moet worden. BURTON schrijft dit effect, dat ook hij bij de bepaling van de instrooming in de vingers vindt, toe aan een indrukken

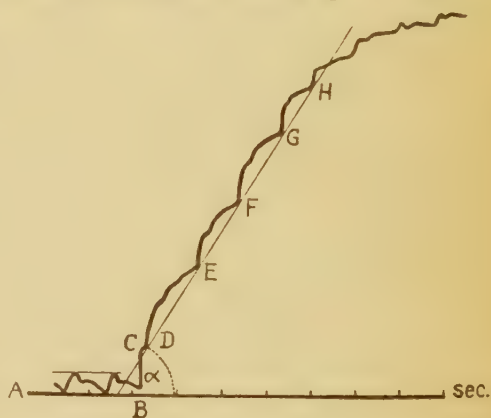


Fig. 5.

van weefsel in de plethysmograaf door het opblazen van den stuwring. Dit is echter niet het geval. Het artefact B C, dat wij gemakshalve „mechanisch effect” zullen noemen, treedt nl. niet op bij het stuwen van den vinger, welke vóór het aanbrengen van de plethysmograaf bloedledig is gemaakt door een strak gespannen rubber ringetje van den top van den vinger naar de basis toe te rollen. Hieruit blijkt, dat het „mechanisch effect” niet veroorzaakt wordt door het indrukken van vingerweefsel, maar samenhangt met de bloedvulling van den vinger, en wel, zooals werd vastgesteld, in ongeveer rechtlijnig verband. Hiertoe werd de linker middenvinger van een proefpersoon met een stevigen rubbering vanaf den top van den vinger naar proximaal bloedledig gerold.

Vervolgens werd om het eerste interphalangeaal gewricht een stuwring geplaatst. Daarna werd de vinger in een plethysmograaf gesloten.

Door een lus van metaaldraad, welke om de proximale phalanx van den vinger strak kon worden aangespannen, werd de vinger bloedledig gehouden, ook nadat de rubbering was doorgeknipt.

Het bleek, dat het „mechanisch effect” bij opblazen van de stuwring tot 50 mm. Hg., nul was. Door den bedoelden metaaldraad korten tijd te ontspannen werd wat bloed in den vinger toegelaten. Opnieuw werd de grootte van het „mechanisch effect” bepaald. Dit werd eenige malen herhaald, totdat de vinger normaal van kleur was geworden. In onderstaand tabelletje zijn de uitkomsten van dit experiment weergegeven.

Bloedvulling v. d. vinger	Mechanisch effect
0 mm ³	0 mm
500 „	8.5 „
840 „	13.5 „
910 „	14.5 „

Voorts hangt het effect samen met de grootte van den stuwdruk.

Van metingen, welke tot deze gevolgtrekking leidden, wordt het volgende voorbeeld gegeven.

Stuwruk	Mechanisch effect
150 mm Hg.	9 mm
100 " "	8 "
60 " "	6 "
30 " "	4 "

Het „mechanisch” effect blijkt binnen een seconde te zijn afgeloopen. Dit werd als volgt bepaald. Een normale bloedhoudende vinger, die van stuwmanchet en plethysmograaf is voorzien, wordt plotseling proximaal zoowel van den stuwband als van de plethysmograaf afgekneeld, zoodat de geheele circulatie in dien vinger is afgesloten. Deze afknelling geschiedde door een dunne metalen lus plotseling strak om den vinger dicht te trekken. Snel daarna werd de stuwmanchet opgeblazen. Het plethysmogram van den vinger, dat gedurende de afknelling van den vinger een horizontale lijn was, vertoont een plotselinge stijging afhankelijk van de hoeveelheid bloed in den vinger. Na minder dan 1 seconde stijgt het volume van den vinger niet meer. Het blijkt dus, dat het „mechanisch effect” veroorzaakt wordt door het persen van bloed van onder de stuwmanchet naar den vinger toe, en binnen de seconde is afgeloopen. Daar dit effect zoo snel afloopt, behoeven wij niet bang te zijn, dat de verkregen „inflow”-curven na het oppersen der manchet nog verteevend worden door een schijnbare volumetoename van den vinger, veroorzaakt door bloed, dat van onder de manchet (waarschijnlijk uit de venen en de subpapillaire venen plexus) naar het distale deel van den vinger wordt geperst. De geheele volumetoename van den vinger na het „mechanisch effect” en gedurende de stuwing berust dus op stuwing van het den vinger binnenstroomende bloed. Dat het „mechanisch effect” in de hier beschreven experimenten steeds duidelijk is, vindt wellicht zijn oorzaak in de hangende houding van den vinger, waarbij de bloedvulling grooter is (TURNER ⁽⁸⁶⁾) dan in horizontale of naar boven gerichte houding. Vooral indien de stuwing begint tijdens de diastole, is het mechanisch effect een duidelijk punt, waaraan wij het begin der stuwing gemakkelijk

kunnen herkennen, zoodat geen afzonderlijk signaal noodig is, dat het begin der stuwung in de photographische curve aangeeft.

Nu de oorzaak der aanvangsstijging (B C) duidelijk is, kunnen wij de berekening der instroomsnelheid van het bloed uit de curve bepalen. Naarmate er meer bloed in den vinger wordt gestuwd, zal de druk in het veneuze systeem van dien vinger stijgen, totdat die druk gelijk aan den stuwdruk is geworden. Daarna stroomt er evenveel bloed in als uit den vinger. Het volume blijft dan verder gelijk.

Het bloed kan gedurende eenigen tijd in den vinger stroomen, zonder dat de druk in dien vinger toeneemt. Dit is mogelijk door het zeer uitgebreide venennet in den vinger, dat gemakkelijk tot een zekeren graad zonder spanningsverhooging kan worden gevuld. De mate, waarin dit mogelijk is, hangt o.a. af van de bloedvulling van den vinger op het moment, dat de stuwung begint, (BURTON⁽¹²⁾). Is deze bloedvulling reeds groot, dan zal kort na het begin van de bloedstuwung de druk in het veneuze „reservoir” al spoedig toenemen.

Wanneer nu de den vinger voedende arteriën gedurende eenigen tijd even wijd blijven, is het, zooals de ervaring leert, mogelijk, dat het volume van den vinger, tijdens stuwung van de circulatie in dien vinger, gedurende eenige polsen rechtlijnig stijgt. Dit beteekent dus, dat, dank zij de plasticiteit van het veneuze „reservoir” in den vinger, de bloedstroom naar dien vinger in het begin van de stuwung niet wordt gehinderd door een druktoename in het veneuze stelsel.

Zoolang het vingervolume volgens een rechte lijn toeneemt, zijn wij er zeker van, dat de druk in het veneuze systeem niet, of zoo weinig toeneemt, dat de arterieele toevoer van bloed er niet door wordt gehinderd, en dat wij dus bij berekening van de instroomsnelheid uit de verkregen curve de werkelijke waarde voor de instroomsnelheid vinden. De hoek α in figuur 5 is dus een maat voor de instroomsnelheid op het moment C.

De werkelijke waarde dier instroomsnelheid op dat moment kunnen wij nu zeer eenvoudig berekenen. In alle curven en berekeningen in dit proefschrift is de instrooming berekend per 10 cc. vingervolume per minuut, in cc. bloed.

Door ijking der volumeschrijvers is bekend, hoeveel mm.³ een uitslag van 1 mm. op het photographisch papier beteekent (P). Het vingervolume, dat in de plethysmograaf is gesloten, is bekend (Q). Wij vermenigvuldigen dus, indien t de tijd in sec. is

$$tg \alpha \times t \times 60 \times \frac{10}{Q} \times \frac{P}{1000} = \text{instroomsnelheid (in cc., per 10 cc. vingervolume per minuut).}$$

De gevonden waarde voor de instrooming op het moment, dat de stuwing begint en uitgedrukt in cc. per 10 cc. vinger, per 60", beteekent dus niet anders dan de waarde der instrooming gedurende de eerste op het begin van de stuwing volgende polsgolf.

Het is noodzakelijk de instroomsnelheid zoowel over de systolische, als ook over de diastolische phase der polsgolf te berekenen.

Werd zij alleen berekend over de eerste (systolische) phase, dan zou een veel te hooge waarde worden gevonden. Zou zij daarentegen worden berekend alleen naar de volumetoename van den gestuwden vinger gedurende de diastolische phase, dan zou de gevonden waarde te laag zijn. Daarom beschouwden wij het gemiddelde van de instrooming gedurende de systolische en diastolische phase der polsgolf als de juiste waarde van de instroomsnelheid. Voor alle niet te hooge „inflow"-waarden gaat deze methode zeer goed op. De instrooming, zooals wij die berekenen uit fig. 5 is 2.130 cc. per minuut per 10 cc. vinger, een waarde, welke in den niet speciaal warm gehouden proefpersoon eerder aan den hoogen dan aan den lagen kant is.

Moeilijkheden doen zich echter voor bij grootere waarden van de instroomsnelheid, doch in nog hoogere mate bij een sterke bloedvulling van den vinger, moeilijkheden, die ook BURTON ⁽¹¹⁾ noemt. Wanneer de vinger zeer hyperaemisch is, kan het gebeuren, dat, na het begin der stuwing, het „veneuze vingerreservoir" reeds na één of twee polsen „vol" is. M.a.w. bij volgende polsen neemt de druk in het veneuze systeem toe, en wel zoodanig, dat de volumetoename van den vinger bij elken pols kleiner wordt; ten slotte blijft het volume gelijk, hetgeen beteekent, dat in- en uitstrooming aan elkaar gelijk zijn geworden, en dat dus ook de veneuze druk aan den stuwdruk gelijk geworden is.

In fig. 6 is P het moment van stuwing, BC het „mechanisch effect", dat door den grooten bloedrijksdom van den vinger nu zeer groot is. Indien door de punten D en E, welke het begin van de systole aangeven, een verbindingslijn werd getrokken, zou de instroomsnelheid, die uit den hoek, welken deze lijn met de horizontaal maakt, berekend werd, veel te klein zijn.

De volumetoename tijdens pols DE (1e pols) is zooveel grooter dan die gedurende pols EF (2e pols), dat wel aangenomen moet worden, dat reeds gedurende pols DE de druk in het veneuze reser-

voir van den vinger toeneemt en dat dus ook de volumetoename tijdens DE in grootte door die druktoename ongunstig is beïnvloed.

BURTON ⁽¹¹⁾ geeft in deze gevallen de volgende constructie aan voor het vinden van een, zij het niet geheel nauwkeurige maat voor de instrooming. De basislijn, A, in fig. 6 wordt getrokken door de punten, welke in de curve de diastolische vingervolumina gedurende de twee aan de stuwung voorafgaande volumepolsen aangeven.

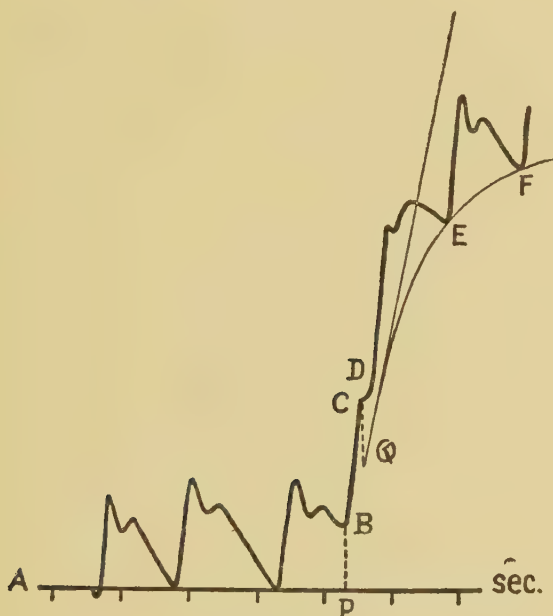


Fig. 6.

Op het moment B wordt de geheele curve kunstmatig een eind omhoog geschoven door den invloed van het „mechanisch effect”. Indien nu uit B en uit C een loodlijn op de basis wordt neergelaten en CQ gelijk aan BP wordt genomen, dan is Q te beschouwen als het punt P, gecorrigeerd voor het „mechanisch effect”.

Op de lijn A geeft P het moment aan, waarop de stuwung begon, en daarmede komt dus, na het „mechanisch effect”, punt Q overeen. BURTON neemt nu Q aan als het uitgangspunt, waarvan de stuwung begon, en trekt een kromme door de punten Q, E en F, welke kromme, volgens hem, de volumetoename van den vinger tijdens de stuwung weergeeft. Daar deze stuwung zelf al spoedig,

zeker in den 2en pols, den bloedstroom belemmert, berekent BURTON de instroomsnelheid op het moment, dat de stuwung begon; hij trekt daartoe een raaklijn aan de kromme in punt Q en berekent de instrooming uit de helling van deze lijn ten opzichte van de horizontaal, op de zelfde manier als dat hiervoor beschreven werd.

Tegen de constructie van BURTON zijn zonder twijfel bezwaren in te brengen. Punt Q heeft niet dezelfde beteekenis als de punten E en F, die de bloedvulling van den vinger op het moment: eind diastole — begin systole, aangeven.

Bovendien staan voor het nauwkeurig teekenen van de kromme door Q, E en F te weinig punten ter beschikking.

Voorts berekent BURTON de instroomsnelheid in zijn constructie voor slechts één moment, het begin van de systole.

In alle andere gevallen, waarbij het volume van den gestuwden vinger aanvankelijk rechtlijnig toeneemt, werd de instroomsnelheid berekend over een systole en diastole.

BURTON schat zijn foutenpercentage op 10%. Ik meen, dat dit percentage hooger is. Dezelfde stuwingsfiguur teekende ik nl. een groot aantal malen over, om vervolgens de kromme Q E F en de raaklijn daaraan te trekken. Hetzelfde deed ik met een aantal soortgelijke, iets afwijkende stuwingsfiguren. Uit elke constructie werd de instrooming berekend. Op grond van deze cont.ô.es meen ik bij deze hooge waarden van de instrooming de gemiddelde fout op 20% te moeten stellen.

De uit figuur 6 berekende instroomsnelheid is 14.37 cc. (de vergrooting is niet dezelfde als in de andere figuren). Opvallend was in dit geval een enorm groote polsuitslag. Het typisch verloop der curve, dat zoozeer afwijkt van dat in fig. 5, is mijns inziens te wijten aan de groote bloedvulling van den vinger bij een excessief warmen proefpersoon. Dezelfde curven kunnen worden verkregen, indien wij de hand niet op hart-hoogte, doch bv. 60 cm. daaronder houden, zoodat de veneuze druk aanzienlijk toeneemt. Bij het bepalen der houding, waarin de proefpersonen werden geplaatst, werd hiermede rekening gehouden. Voorts vertoont lang niet elke proefpersoon, zelfs bij de grootste instroomsnelheid van bloed, een dergelijke stuwingsfiguur. Op het totaal aantal proefpersonen waren ze slechts bij twee aanwezig.

Deze hooge instroomsnelheden zijn zeldzaam en komen alleen voor, indien wij den proefpersoon onder het in acht nemen van bijzondere voorzorgen warm houden. Met de curven, zooals die gewoonlijk voorkwamen, had ik nimmer moeite.

Levert in een bepaald geval, waar het vergelijkende bepalingen betreft, een stuwcurve de besproken moeilijkheden op, dan kan het nuttig zijn de hand iets boven harthoogte te brengen. De bloedvulling van den vinger neemt dan af en gemakkelijker berekenbare stuwcurven worden verkregen.

Een tusschenvorm tusschen de eerste en de hier besproken curve levert figuur 7, waarin de helling van de verbindingslijn tusschen E en F iets kleiner is dan tusschen D en E. Uit de figuur blijkt wel, hoe een constructie van BURTON hier niet is uit te voeren. Het is mogelijk, dat wij een zeer kleine fout maken, door inplaats van de raaklijn aan een kromme door D, E, F en G de lijn door Q, D, E

te nemen; deze fout belooft echter naar schatting niet meer dan eenige procenten. De uit fig. 7 berekende instroomsnelheid is 5.430 cc. per min., per 10 cc. vinger.

Willen wij een beeld verkrijgen van de wisselingen der instrooming in een bepaald tijdsbestek, dan is het noodzakelijk een aantal opeenvolgende bepalingen te doen. Het aantal per minuut te verrichten bepalingen kan niet willekeurig worden opgevoerd, daar elke bepaling toch minstens 3 à 4 sec. vergt (stuwing en daling van het volume na de stuwing tot het volume van uitgang).

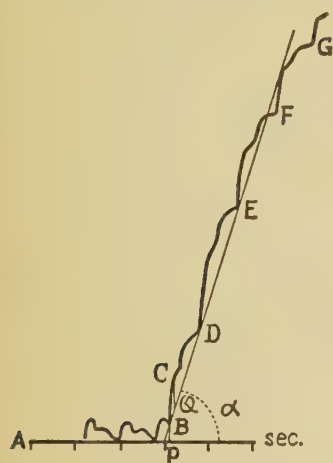


Fig. 7.

Bovendien moet rekening worden gehouden met de mogelijkheid, dat zich door het intermitterend stuwen van den vinger een reactieve hyperaemie in dien vinger ontwikkelt, d.w.z. dat door dat stuwen zoowel het volume van den vinger als ook de instrooming in dien vinger toeneemt.

Het is een reactie, welke het eerst door BIER (voor den arm en het been) werd beschreven ⁽⁵⁾ en welke bestond in een sterke hyperaemie, die het gevolg van een zeer sterke verwijding van het geheele arterieele stroombed zou zijn.

Het is de verdienste van LEWIS en GRANT ⁽³⁴⁾ voor het eerst nauwkeuriger deze reactieve hyperaemie te hebben bestudeerd. Zij vinden, dat gedurende een reactieve hyperaemie in den onderarm niet alleen het volume van dit lichaamsdeel toeneemt, doch ook, dat de circulatie in dien arm sterk stijgt. Dat er door inter-

mitteerend stuwen in arm of been een hyperaemie is op te wekken, zooals dat bij het herhaald bepalen der instrooming gebeurde, beschreven de Amerikanen COLLENS en WILLINSKI (19).

Het was in onze proeven dus noodzakelijk na te gaan, of de uitkomsten der instroomsnelheidbepalingen niet door reactieve hyperaemie in den vinger werden gewijzigd.

Ten einde den invloed der intermitteerende stuwingen op de vingercirculatie vast te stellen, werd, omdat de reactieve hyperaemie een strikt lokaal proces is, aan twee vingers van denzelfden hand en daarna ook aan twee vingers van rechter- en linkerhand de instroomsnelheid bepaald. Zooals elders in dit proefschrift is beschreven, zijn normaal de instrooming rechts en links op elk willekeurig gekozen moment geheel gelijk, indien die vingers onder gelijke voorwaarden worden onderzocht. Evenzoo zijn steeds de volumeveranderingen, mits omgerekend op 10 cc. vingervolume, in de vingers van een proefpersoon synchroon en gelijk, (zie Hoofdstuk II) althans, indien zij onder gelijke condities verkeerden.

Indien nu b.v. aan den rechter middenvinger de instrooming elke 6 sec. gedurende 25 minuten, en daarna aan rechter- en linker-middenvinger gelijktijdig die grootte wordt bepaald, bleken de gevonden waarden voor de instroomsnelheid aan rechter- en linker-middenvinger nog volkomen gelijk gebleven te zijn. Evenmin ondervindt het volume van den vinger invloed van regelmatig herhaalde kortdurende stuwingen, zooals die voor het bepalen der instrooming noodzakelijk zijn. Steeds maakt de vinger, waaraan de instroomsnelheid wordt bepaald, dezelfde volumeschommelingen mede als een vergelijkvinger, waarvan alleen het plethysmogram wordt geschreven. Deze volumeschommelingen zijn ook steeds gelijk in grootte.

Onze ervaring wijst er dus op, dat in den vinger geen of zeer moeilijk een reactieve hyperaemie door intermitteerend stuwen is op te wekken. Indien echter de vinger gedurende geruimen tijd, 5 of 10 min., arterieel afgesloten wordt, is er soms iets van een reactieve hyperaemie waar te nemen. Wanneer op de boven beschreven methode de instroomsnelheid in één of meer vingers gedurende zekeren tijd door regelmatig herhaalde stuwing van de(n) onderzochte vinger(s) wordt vervolgd, dan staat dus vast, dat de wisselingen in de vingerdoorbloeding niet door reactieve hyperaemie worden veroorzaakt.

III. BLOEDDRUKMETING IN DEN VINGER.

Ten einde na te gaan in hoeverre de circulatie in den vinger afhangt van den bloeddruk in de art. digitalis, was het noodzakelijk een methode te ontwikkelen, welke toestond den bloeddruk in die vaten nauwkeurig te meten.

Het is niet toelaatbaar dezen druk gelijk te stellen aan dien in de art. brachialis. Niet alleen is er altijd naar de peripherie toe een daling in den bloeddruk, maar de vertakkingen van de art. brach. vormen een arcus arteriosus in de hand, die een kortsluiting vormt op de circulatie in elken vinger. De circulatieverhoudingen zijn dan ook dusdanig, dat er geen vaste verhouding tusschen den druk in de art. brachialis en art. digitalis bestaat. Dit blijkt uit de onderzoekingen van b.v. BONSDORFF (7), HAUS (40), WILKINS, DOUPE en NEWMAN (95) en uit onze bepalingen.

Het is dus voor een onderzoek naar het verband tusschen instroomsnelheid en bloeddruk noodig, den druk in de art. digitalis zelf te bepalen.

In de eerste plaats bestaat de mogelijkheid de door BONSDORFF (7) beschreven methode te volgen, welke in het kort naar het volgende principe werkt.

De onderzochte vinger, of een gedeelte daarvan, wordt in een op speciale wijze afgedichte plethysmograaf gesloten. Deze afdichting mag niet elastisch zijn en moet bestand zijn tegen een druk, minstens gelijk aan den bloeddruk in de art. brachialis. De plethysmograaf is door een niet-elastische buis met een Broemsersehe „Glasplattenmanometer” verbonden, waarvan de oscillaties fotografisch worden geregistreerd. Het geheele systeem is met water gevuld.

Geen enkele luchtbel mag er in achterblijven. Dan eerst bezitten wij een isometrisch systeem, waarin de druk door toevoegen of afnemen van kleine hoeveelheden water kan veranderd worden. Indien de druk gelijk wordt gemaakt aan den diastolischen druk in de art. digitalis, zal de wand dezer arterie ontspannen zijn en de manometer maximale uitslagen vertoonen. Aldus kan de druk in de art. digitalis (volgens FRANK de wanddruk in de arcus volaris) worden bepaald.

Volgens BASCH (4) is de druk noodig om een dergelijke kleine arterie dicht te drukken, afgezien van den in die arterie heerschen den bloeddruk, niet grooter dan 1 à 2 mm. Hg.

Hoewel deze sphygmographische methode zeer nauwkeurig

schijnt te zijn, is zij voor mijn doel minder geschikt, wegens de vereischte, niet-elastische en tegen druk bestandzijnde afdichting van de plethysmograaf, en ook omdat slechts zeer korte leidingen van niet elastisch materiaal mochten worden gebruikt. Deze korte starre leidingen maken een nauwkeurige fixatie van den proefpersoon noodzakelijk, welke, zooals gezegd, in onze proeven niet kon worden toegepast.

Eenvoudiger is de methode door GAERTNER ⁽²⁸⁾ aangegeven. GAERTNER schuift om de proximale phalanx van den vinger een metalen ring, 1 cm breed, van binnen bespannen met een stevig rubber membraan. De druk in de ruimte tusschen dit membraan en den metalen ring kan worden verhoogd door die ruimte in verbinding te brengen met een drukketel. Nadat de vinger distaal van den ring bloedledig is gemaakt door over dien vinger een rubber ring van distaal naar proximaal te rollen, wordt de druk in den opblaasbaren ring plotseling gebracht op b.v. 150 mm Hg., ver boven den druk in de art. digitalis. Vervolgens laat men, na de rubberring te hebben doorgeknipt, den druk in den Gaertnerschen stuwring langzaam dalen, totdat de vinger zijn roode kleur herkrijgt. De, op dat moment, in den ring heerschende druk wordt aan dien in de art. digitalis gelijk gesteld.

Deze methode, hoewel eenvoudig, is niet nauwkeurig en is evenmin voor het hier gestelde doel bruikbaar. Verkozen werd dan ook de volgende methode. Het derde en het grootste gedeelte der tweede phalanx van den vinger, waaraan de bloeddruk zal worden gemeten, wordt op de bekende manier in een plethysmograaf bevestigd. Proximaal daarvan, om het eerste interphalangeaal gewricht, is een stuwring (naar het op pag. 26 beschreven model) geschoven.

De plethysmograaf is verbonden met een zeer gevoeligen volume-„recorder”, naar het model in fig. 3 afgebeeld, doch kleiner van afmeting en daardoor nog gevoeliger. De volumeveranderingen van den vinger worden fotografisch geregistreerd. De stuwring is door een rubberslang verbonden met een druktank van relatief groote capaciteit, waarin de druk reguleerbaar is.

Door het een kwartslag omdraaien van een driewegkraan is de tankinhoud met de stuwmanchet in verbinding te brengen. De druk in de manchet stijgt dan onmiddellijk tot dien in de druktank. Door een T-stuk is de manchet tevens verbonden met een metalen membraanmanometer, waarop een kleine holle spiegel (brandpunt-afstand $\frac{1}{2}$ D) is geplakt. Deze spiegel werpt een scherp beeld van een lijnlampje op de cameraspleet. Op deze wijze wordt de uitslag

van den manometer en daarmee dus de druk in de stuwmanchet fotografisch geregistreerd.

Door de driewegkraan opnieuw een kwartslag te draaien wordt de verbinding der stuwmanchet met de druktank verbroken en wordt de manchet met een aan het uiteinde open glascapillair in verbinding gebracht. Op deze wijze kan nu de lucht uit het stuwmanchetje langzaam door het capillair weglekken, waardoor de overdruk in die manchet langzaam tot nul daalt. Het tempo dier drukafname wordt te samen met het vingervolume fotografisch geregistreerd.

De druk in de tank is zoodanig gekozen, dat hij 20 mm Hg. hooger is dan de in den vinger verwachte systolische bloeddruk. Na den eersten kwartslag, die de driewegkraan gedraaid is, is de circulatie in den vinger geheel afgesloten. Gedurende dien tijd blijft het vingervolume constant. Wanneer de stuwmanchet in de gelegenheid wordt gesteld langzaam leeg te loopen door het glascapillair, is op een gegeven moment de druk in de stuwmanchet juist beneden den systolischen bloeddruk in den vinger gedaald. Dit moment is kenbaar aan een, tijdens een systole, toenemend volume van den vinger, hetgeen uit de fotografisch geregistreerde volumecurve blijkt.

De op dat moment in de manchet heerschende druk is eveneens uit het fotografisch geregistreerde drukverloop in den manometer bekend. Dank zij de gevoelige volumerecorders kan een volumetoe name van den vinger met 1 mm^3 . reeds goed in de fotografische curve worden afgelezen.

Op het moment, dat het volume tijdens een systole van den afgesloten vinger juist iets toeneemt, en dus de systolische bloeddruk gelijk is aan den druk in de stuwmanchet, kan, in een willekeurigen anderen vinger, de instroomsnelheid worden bepaald. Daar, zooals uit het medegedeelde op pag. 84 blijkt, de instroomsnelheid in verschillende vingers bij denzelfden proefpersoon opvallend gelijk is, is het op deze wijze mogelijk het verband tusschen instroomsnelheid en bloeddruk in de art. digitalis te onderzoeken.

Ten einde een indruk van het resultaat der beschreven methode te verkrijgen is in figuur 8 een stuk curve afgebeeld, waaruit zoowel de instroomsnelheid in één vinger, als ook de bloeddruk in een anderen vinger kan worden afgelezen. De curve moet van links naar rechts worden gelezen.

- a. Volume van den linkermiddenvinger (L^3) gedurende de bepaling van de instroomsnelheid. De stuwung begint juist op het einde van de diastole.
- b. Volume van linkerwijsvinger (L^2), waarin de bloeddruk wordt gemeten.
- c. Druk in de stuwmanchet. Tijd in sec. Bij X is de druk in de stuwmanchet om L^2 zoover gedaald, dat tijdens de systole een kleine hoeveelheid bloed L^2 binnenstroomt, waardoor het volume iets toeneemt. Dit is dus het moment, waarop de druk in die manchet juist iets lager is dan de systolische bloeddruk in de art. digitalis.

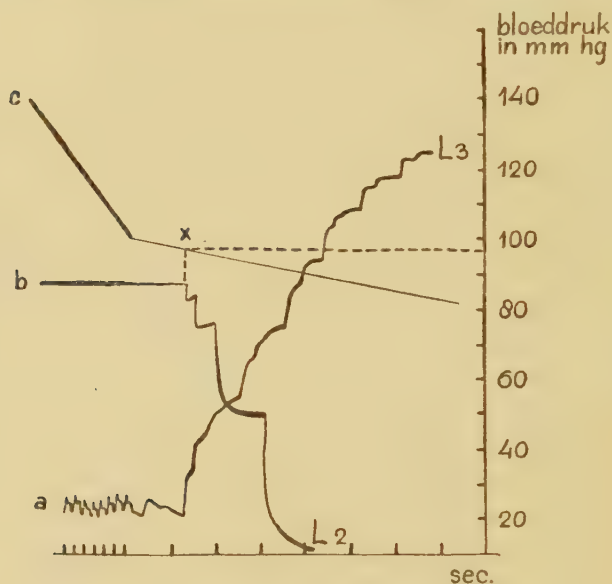


Fig. 8.

Blijkens de in de figuur geteekende schaalverdeling, welke niet anders is dan de ijking van den metalen membraanmanometer, is de bloeddruk in de art. digitalis 97 mm Hg. Juist op het moment, dat het volume van L^2 iets toeneemt, werd de instroomsnelheid in L^3 bepaald. Op deze wijze kon het verband, bloeddruk in de art. digitalis en instrooming in de vingers worden bepaald.

De snelheid, waarmede het bromide papier door de camera loopt, kan worden gewijzigd. Dit is de oorzaak van het aanvankelijk dichter bijeenliggen van de seconde signalen en ook van het aanvankelijk steilere verloop van den druk in de membraanmanometer.

De gevolgde techniek ter bepaling van den bloeddruk komt in beginsel overeen met die van DOUPE, NEWMAN, WILKINS ⁽⁹⁵⁾. De door hen gevonden waarden voor den druk in de arcus volaris zijn vrijwel gelijk aan de onze. Het spreekt vanzelf, dat met deze plethysmografische methode slechts de systolische bloeddruk kan worden bepaald. Een enkele opmerking moge hier nog volgen.

Het is goed een onderscheid te maken (zooals ook DOUPE c.s. deden) tusschen den potentieelen arterieelen druk in een bloedvat, d.w.z. den druk, die er bij afsluiting in dat vat proximaal van de afsluiting heerscht, en den stroomdruk („flow-pressure”), d.w.z. dien druk, welken wij bij de arteriepunctie in dat vat zouden meten, terwijl het vat nog doorstroomd wordt. In den regel zal de laatste druk lager zijn dan de eerste, vooral dan, wanneer het vaatgebied, waarin het onderzochte vat zich distaal van de plaats van meting oplost, een geringen weerstand heeft, m.a.w. gedurende een aanzienlijke perifere vasodilatatie.

De meting van den bloeddruk volgens KOROTKOV, in de art. brachialis, is dus een meting van den potentieelen arterieelen bloeddruk in dat vat, of ook, naar de opvatting van FRANK, een meting van den wanddruk in de art. subclavia, d.w.z. den druk in die arterie, waaruit de art. brachialis direct ontspringt.

Welken bloeddruk meten wij met de plethysmografische methode in den vinger? Indien om den vinger de stuwmanchet gelegd wordt, ter hoogte van het eerste interphalangeaal gewricht, dan wordt deze tijdens het begin der meting dusdanig onder spanning gebracht, dat de art. digitalis propria wordt dichtgedrukt.

Wij kunnen nu met FRANK deze arterie beschouwen als een middel om den druk in de arcus volaris te meten, d.w.z. den stroomdruk hierin. Verondersteld, dat alle weerstandvormende vaten in de vingers zich verwijden, dan zal, bij gelijk gebleven centralen bloeddruk, de stroomdruk in de arcus volaris dalen. De aan den vinger gemeten bloeddruk is dan lager. Omgekeerd zal bij vaatvernauwing in de vingers de stroomdruk in de arcus volaris en dus de gemeten druk in den vinger stijgen en tot dien in de art. brachialis naderen.

Vanzelfsprekend wordt de stroomdruk in de arcus volaris beïnvloed door drukverandering in de art. brachialis, maar beide grootheden kunnen verregaand onafhankelijk van elkaar varieeren, omdat de druk in de arcus volaris zoowel afhangt van de vaatwijdte

in het stroomgebied tusschen de beide plaatsen van meting, als van de vaatwijdte in de vingers.

De betrouwbaarheid van onze methode werd onderzocht, door een bekende verandering in den bloeddruk in de arteria digitalis door verandering van de hoogte der hand ten opzichte van het hart op te wekken. Houdt men de hand hooger, dan neemt de druk in de art. digitalis (in mm Hg.) af met de hefhoogte in mm $\times$ S.G. van bloed gedeeld door S.G. van Hg. Op gelijke wijze kan men ook den druk in de arteria digitalis met een te berekenen bedrag laten toenemen, n.l. door de hand beneden harthoogte te houden. Door nu de *berekende* veranderingen in druk in de arcus volaris te vergelijken met de *gemeten* drukverandering, kan de gebruikte methode worden beproefd.

Er bestaat geen enkele aanwijzing voor, dat de algemeene bloeddruk zich wijzigt door het heffen van een arm. Bij auscultatoire meting van den bloeddruk in de art. brachialis konden bij heffen en omlaagbrengen van den anderen arm geen verschillen worden gevonden in den bloeddruk.

Bij verschillende proefpersonen werd nu de systolische bloeddruk in den vinger in verschillende houdingen, boven en beneden harthoogte, bepaald.

De gevonden bloeddrukwaarden werden vergeleken met die, welke uit de hoogteverschillen van de hand ten opzichte van het hart te berekenen waren. In tabel I staan in kolom I de hoogten der hand boven of beneden hartniveau voor de houdingen *a*, *b*, *c* of *d* opgegeven in cm. In kolom II is de bij deze houdingen *gemeten* bloeddruk in de art. digitalis aangegeven. In kolom III *a*. de bloeddruk in stand *b*, *c* en *d*, *berekend* uit de *meting* in stand *a* en het hoogteverschil *a-b*, *a-c*, *a-d* enz.; in III *b*. de bloeddruk in stand *a*, *c* en *d*, *berekend* uit de meting in stand *b* en het hoogteverschil *b-a*, *b-c* en *b-d* enz.

De waarden in kolom II kunnen worden vergeleken met de in kolom III gegeven bloeddrukwaarden, welke *berekend* zijn uit het hoogteverschil van één der houdingen *a*, *b*, *c* of *d* met al de overige houdingen.

Elke meting is het gemiddelde van tien verschillende bepalingen. In kolom IV wordt het grootste onderlinge verschil dier 10 bepalingen gegeven. Gedurende alle waarnemingen was de proefpersoon behagelijk warm gezeten in de bekende houding. Uit de cijfers in de tabel blijkt wel, hoezeer berekende en gemeten bloeddrukwaarden met elkaar overeen komen. Men kan er dan ook

TABEL I.

		I	II gemiddelde	III				IV
Proef- persoon		handhoogte in cm boven harthoogte	gemeten bloeddruk waarden (mm Hg)	Berekende bloeddruk waarden				grootste variatie in bloed- druk schomme- ling in mm Hg.
				<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	
1) S. J. D.	<i>a</i>	0	103	—	97	100	—	15
	<i>b</i>	+55	56	61	—	59	—	7
	<i>c</i>	—65	148	155	148	—	—	9
2) P. E. R.	<i>a</i>	0	94	—	91	88	—	10
	<i>b</i>	+45	57	59	—	65	—	14
	<i>c</i>	—53	139	134	132	—	—	5
3) H. H.	<i>a</i>	0	93	—	90	89	—	16
	<i>b</i>	+52	55	53	—	50	—	8
	<i>c</i>	—55	129	133	118	—	—	10
4) S. D.	<i>a</i>	0	105	—	97	100	—	12
	<i>b</i>	+55	56	63	—	59	—	7
	<i>c</i>	—55	140	147	141	—	—	6
5) A. M.	<i>a</i>	0	89	—	93	89	95	12
	<i>b</i>	+25	75	70	—	71	76	16
	<i>c</i>	+50	53	50	56	—	62	11
	<i>d</i>	—17	107	101	101	102	—	5

zeker van zijn, dat bepalingen van den bloeddruk in den vinger, op de hiervoor beschreven wijze gedaan, zeer betrouwbaar zijn. Tevens blijkt, dat voor een onderzoek naar het verband tusschen circulatie in den vinger en den bloeddruk in de arcus volaris het noodzakelijk is, den stand van de hand ten opzichte van het hart in aanmerking te nemen.

In mijn experimenten werd de hand steeds op harthoogte geplaatst, zoodat ook alle opgegeven bloeddrukwaarden in den vinger voor die houding gelden.

IV. TEMPERATUURMETING VAN DEN VINGER.

De beschreven bepaling van de hoeveelheid bloed, welke per tijdseenheid door den vinger stroomt, is, hoewel in principe zeer eenvoudig, toch een bepaling, welke een nauwkeurige apparatuur en een oefening van den onderzoeker vereischt.

Het is de vraag of, vooral met het oog op klinische metingen, het niet eenvoudiger ware de temperatuur van den vinger als maat te gebruiken voor de intensiteit van de bloedcirculatie. Al kan die temperatuur nooit een inzicht geven van de werkelijke hoeveelheid bloed, waarmede de vinger per tijdseenheid wordt doorstroomd, toch bestaat de mogelijkheid, dat de temperatuurvariatiën van de vingerhuid een goed beeld geven van de *veranderingen*, welke in de vingercirculatie van moment tot moment plaats vinden. Ter beoordeeling van deze mogelijkheid is het noodzakelijk het resultaat van bepalingen van de instroomsnelheid en temperatuurmetingen te vergelijken, hetgeen, zoover mij bekend, nooit werd gedaan.

De zeer plotselinge wijzigingen, welke de vingercirculatie kan ondergaan, eischen een snel reageerende thermometrie. Wij zijn dus vanzelfsprekend aangewezen op het gebruik van thermo-electrische metingen.

Het principe daarvan is zeer eenvoudig en algemeen bekend. Gebruik wordt gemaakt van het ontstaan van een potentiaal verschil tusschen twee soldeerplaatsen constantan-koper, indien die soldeerplaatsen een verschillende temperatuur hebben. De grootte van dit potentiaal verschil is afhankelijk van de grootte van het temperatuurverschil dier beide soldeerplaatsen.

Met behulp van een zeer gevoeligen en snellen spiegelgalvanometer kunnen de veranderingen in het potentiaal verschil geregistreerd worden. Het is daarbij van belang, dat de weerstand van koper-

draden en constantan draad aangepast is aan den weerstand van den galvanometer.

In onze experimenten werd een Cambridge-d'Arsonval galvanometer met een inwendigen weerstand van 40 ohm gebruikt. Gevolgd werd deze techniek: Een der beide soldeerplaatsen wordt op den vinger bevestigd, de andere soldeerplaats hangt in een vaatje (*m*), dat met hetzelfde water doorstroomd wordt als dat, waarmede de plethysmograafmantel wordt doorstroomd (zie figuur 1). In datzelfde vat hangt een gevoelige kwikthermometer (*t*). Op deze wijze kan op elk moment de temperatuur van den vinger worden gemeten. Deze is bekend, indien de galvanometer en de gebruikte thermoelementen geijkt zijn.

Dit geschiedt door beide soldeerplaatsen in water van verschillende temperatuur te hangen, en den uitslag, welken het door de spiegel van den galvanometer gereflecteerde beeld van een lijnlampje op het bromide papier van het kymografion maakt, te meten. Waar nu tijdens het experiment de temperatuur van één der beide soldeerplaatsen (die in het vaatje *m*) en de uitslag van den galvanometer bekend is, is ook de temperatuur van de andere soldeerplaats bekend. Zooals uit figuur 1 blijkt, kan door een schakelaar (*v*) om te draaien niet alleen de temperatuur van den vinger worden gemeten, maar ook die van het water in de plethysmograaf (door het element *r*). Dit laatste was noodzakelijk, wanneer de plethysmograaf met koud water werd doorstroomd, en dus de kans bestond, dat de temperatuur van het water om den vinger hooger in temperatuur zou zijn dan dat, wat door de mantel van de plethysmograaf stroomde. In de figuur (1) is eenvoudigheidshalve een schakelaar, welke de achtereenvolgende temperatuurmeting van slechts twee objecten toelaat, geteekend. In werkelijkheid gebruikte ik een schakelaar, waardoor achtereenvolgens de temperatuur van een grooter aantal objecten kon worden gemeten.

Op die wijze kon b.v. ook de temperatuur van naburige vingers worden gecontroleerd of de temperatuur van de kamer, waarin de proefpersoon tijdens de proef verblijft.

Vragen wij ons af, wat eigenlijk bij de thermoelectrische temperatuurmeting der huid wordt gemeten. Van het inwendige van den vinger naar de oppervlakte is er een zekere temperatuurgradient. De steilte van deze gradient zal eenerzijds afhangen van den warmtevoer naar den vinger, dus van de circulatie, anderzijds van den warmteafvoer (dus de temperatuur en het geleidingsvermogen der omgeving). Willen wij dus de temperatuur meten van den vinger

om daaruit conclusies te trekken over de circulatie in dien vinger, dan moet men in aanmerking nemen, dat beide invloeden, warmte-aanvoer door het circuleerende bloed, doch even goed warmte-afvoer door de koeling van buitenlucht of water hun invloed op de meetplaats doen gelden. Onderstelt men, dat de meetplaats volledig voor warmte van de omgeving geïsoleerd is, dan zal een verandering van circulatie in den vinger geen invloed op de gemeten temperatuur hebben. Wij meten immers in zulk een geval niets anders dan de bloedtemperatuur in den vinger.

Hangt de vinger in water, dan zal de warmteafvoer van het thermoelement zoo groot kunnen zijn, dat een wijziging in warmte-toevoer (door de circulatie) onmerkbaar blijft. Men meet dan niet anders dan de watertemperatuur.

Het is dus noodig de op den vinger bevestigde soldeerplaats niet te weinig, doch ook niet te goed van de temperatuurinvloeden der omgeving te isoleren.

De isolatie zal grooter moeten zijn in water (goede warmtegeleider) dan in droge lucht. De sterkte der isolatie zal de ervaring moeten leeren. Het bleek mij, dat voor den in *lucht* hangenden vinger een bedekken der soldeerplaats met een enkel laagje leucoplast van 1×1 cm. het beste voldoet.

Hangt de vinger echter in water, dan was isolatie van de soldeerplaats met een drievoudige laag waterproof pleister (tot een gezamenlijke dikte van 1 mm) noodzakelijk. De stukjes pleister hadden een afmeting van 1×1 cm.

Op deze wijze bleek het mogelijk de veranderingen in de vingerdoorstrooming te vervolgen. Daar het vingergedeelte, waarop het thermoelement bevestigd is, een belangrijke warmtecapaciteit bezit, spreekt het vanzelf, dat kortdurende circulatieveranderingen niet of onvoldoende worden geregistreerd. De nauwkeurigheid kan worden vergroot door een grooter aantal soldeerplaatsen of een gevoeliger galvanometer te gebruiken.

De traagheid is niet alleen oorzaak, dat veranderingen in de bloedverzorging (warmtetoevoer) van den vinger zich pas na zekeren tijd in de oppervlakte temperatuur van den vinger doen gelden, doch ook dat sommige, zeer kortdurende veranderingen in de bloedverzorging (warmte toevoer) geen meetbare temperatuurverandering te weeg brengen. Door de warmtecapaciteit van het weefsel is dus het beeld van de schommelingen in de bloedverzorging van den vinger, dat door het meten van de huidtemperatuur verkregen wordt, vervormd.

De huidtemperatuur geeft slechts een beeld van de gemiddelde doorstrooming van den vinger over een bepaalden tijd. Meting der huidtemperatuur zal nimmer een antwoord kunnen geven op de vraag naar het quantum bloed, dat per tijdseenheid door den vinger circuleert. In hoeverre zij een juist beeld geeft van kwalitatieve veranderingen hangt, zooals wij hierboven zagen, van de gevoeligheid der temperatuurmeting en de warmtecapaciteit van den vinger, af.

HOOFDSTUK II

DE BLOEDVULLING VAN DEN VINGER.

De nauwkeurige registratie van de volumeveranderingen, die door een wisselende bloedvulling in den vinger ontstaan, vereischt, zooals wij in het vorig hoofdstuk zagen, een groot aantal voorzorgen. Deze hebben echter niet alleen betrekking op de apparatuur en de proefopstelling, maar ook de toestand, waarin de onderzochte verkeert, moet aan bepaalde voorwaarden voldoen, om physiologisch bruikbare resultaten op te leveren.

Willen wij een beeld verkrijgen van de „normale” veranderingen in de bloedvulling, dan beteekent dit, dat wij alle invloeden dienen uit te sluiten, die op onberekenbare wijze de circulatie veranderen. Immers alleen op deze wijze zal het mogelijk zijn de resultaten, bij verschillende proefpersonen of bij een zelfden proefpersoon in opeenvolgende proeven verkregen, te vergelijken en klinische gevallen te beoordeelen.

De hieronder te vermelden physiologische variaties in de bloedvulling van den vinger werden dan ook onder „standaard-condities” vastgesteld. Naar onze ervaringen zijn daarbij twee voorwaarden van het grootste belang en wel 1e.: het uitsluiten van alle afkoeling en het handhaven van een behagelijk warmtegevoel; 2e.: het vermijden van alle storende zintuigindrukken.

Het is opmerkelijk, dat stilzittende proefpersonen, ook in een vertrek, dat behoorlijk verwarmd is (18° — 20° C.), toch dusdanig kunnen afkoelen, dat de vinger slechts weinig plethysmographische veranderingen vertoont, en juist deze veranderingen vormen het doel van dit onderzoek.

Het is dan ook om een reactief veranderen van de circulatie in den vinger te verkrijgen niet voldoende om alleen de plethysmograaf met warm water te doorstroomen, maar het is noodzakelijk, dat ook arm en handrug warm zijn, terwijl de onderzochte zich subjectief behagelijk warm moet gevoelen.

GOETZ ⁽³¹⁾ heeft in zijn plethysmographische onderzoekingen blijkbaar ook te kampen gehad met de afkoeling van zijn proefpersonen. Hij gaf deze gedurende de proef een warm (40° C.)

voetbad. Deze voorzorg is in onze experimenten niet noodig gebleken. Het was voldoende den onderzochte tegen afkoeling te beschermen, door hem een wollen deken om te slaan. Dit heeft bovendien het voordeel, dat wij onder meer normale voorwaarden werken. Op deze wijze is het gemakkelijk een subjectief aangenaam warmtegevoel uren lang te onderhouden, waarbij in de extremiteiten en ook in de vingers een gemiddelde graad van vasodilatatie blijft bestaan.

Wat nu de 2e voorwaarde voor het verkrijgen eener standaardconditie betreft, n.l. het uitsluiten van storende zintuigindrukken, mogen de volgende korte aanwijzingen voldoende zijn om het welslagen van plethysmographische experimenten (ook in de kliniek) te verzekeren.

Het is noodzakelijk, dat de proefpersoon gedurende het geheele experiment geheel passief blijft, daar anders niet reacties op bepaalde prikkels kunnen worden nagegaan. Zooals nog zal blijken, is vooral verandering van ademhaling, spreken, schrik, geestelijke inspanning, van veel invloed op de vaatreacties in den vinger.

De houding van den proefpersoon hebben wij reeds in het vorig hoofdstuk ter sprake gebracht (zie fig. 2).

Aanvankelijk meende ik, dat het de rust van den proefpersoon ten goede zou komen hem op een divan neer te leggen. In dit geval vielen mijn proefpersonen echter in de voor de photographische registratie donkergemaakte kamer, en onder het zoemen van de motoren voor het kymographion en de thermostaat in slaap, om van tijd tot tijd echter wakker te schrikken.

Dit laatste nu is zeer ongewenscht, vooral omdat dit wakker-schrikken op oncontroleerbare oogenblikken geschiedt. Bij een zittende houding was dan ook een veel constanter toestand te handhaven. Daar geluidprikkel, aanrakingen, koude luchtstroom, wanneer deze een plotseling karakter dragen, een zekere schrikreactie van den patient kunnen veroorzaken, moeten deze worden vermeden.

Aanvankelijk werd zooveel mogelijk zorg gedragen door opstelling van de apparatuur en het gebruik van geruischlooze motoren in de onderzoekkamer zoo min mogelijk geluiden te verwekken.

Het is echter ondoenlijk elk geluid te vermijden. Op zeldzame, zelfs zwakke geluiden in een stille omgeving reageert de onderzochte dusdanig, dat vaak een plotseling stoppen van de circulatie in den vinger optreedt.

Zoo hebben wij tenslotte ervaren, dat het de rust van den proef-

persoon ten goede komt, wanneer in de onderzoekkamer, een monotoon gedruisch, b.v. van een motor, heerscht.

Vanzelfsprekend bevordert het de rust van den onderzochte, indien hij niet actief deelneemt aan de proefneming. Dit wordt vergemakkelijkt, wanneer hij met den rug naar de registratie-apparatuur en den proefnemer is gezeten.

Tenslotte zij vermeld, dat het eigenlijke experiment eerst werd begonnen, nadat de proefpersoon dertig minuten gelegenheid kreeg tot rust te komen, te „acclimatiseeren”. Al deze overwegingen voerden tot de opstelling in fig. 2.

De hier gegeven aanwijzingen tot het verkrijgen van een „normaal” vingerplethysmogram zijn te meer noodig, omdat een analyse van de periphere circulatie en hare pathologische afwijkingen slechts mogelijk is, indien men nauwkeurig de proefvoorwaarden kent en controleert. Ook moge er met nadruk op gewezen worden, dat veel tegenspraak in de uitgebreide literatuur over plethysmographie op een onvoldoende aandacht aan de conditie van den onderzochte berust. Bovendien zijn de effecten van sensibele prikkels, warmte, koude en zelfs adrenaline inspuitingen op de bloedvaten in verschillende lichaamsdeelen niet gelijk.

Zoo beschrijft b.v. GRANT ⁽³²⁾ hoe groot de verschillen zijn in vaatreacties in arm en vinger. SHEARD ⁽⁷³⁾, die de photo-electrische plethysmograaf, door HERZMANN ⁽⁴³⁾ beschreven, gebruikte, zag evenzoo groote verschillen in vaatreacties tusschen de huid van voorhoofd, vingers en teenen. Men mag dus niet zonder meer de resultaten der proeven over de plethysmographie van arm, been, voet, hand, voorhoofd, oor, neusseptum enz. met die van den vinger vergelijken. Wanneer wij de volumecurve van den vinger over eenige minuten vervolgen, vallen steeds weerkerende volumeschommelingen, verschillend van grootte en onregelmatig in den tijd optredende, direct op.

Om een zoo duidelijk mogelijk beeld te geven van wat er aan het vingerplethysmogram te zien is, zullen achtereenvolgens verschillende soorten volumeveranderingen worden beschreven.

a. Polsgolven.

Synchroon met den hartslag toont het volume van den vingerschommelingen (volumepolsen), welke in hun verloop zeer veel op den radialis pols gelijken. Zij bestaan in een snelle volumetoename, gevolgd door een, tot het begin van de volgende systole

durende, langzamere volumeafname, welke in den regel nog onderbroken wordt door een kortdurende toename (dicrotie).

Een bestudeering van den vorm en grootte der volumepolscurven en hunne vergelijking met de op andere wijze verkregen polscurven, zou een onderzoek op zich zelf vereischen, dat buiten onze vraagstelling valt.

Van het begin van onze experimenten af bestond de indruk, dat naarmate vinger — en hand — warmer waren, de volumepols eveneens grooter was. Het lag voor de hand aan te nemen, dat dit samenhang met een meer of minder intensieve circulatie in den vinger, welke op haar beurt een meer of minder geopend zijn van de bloedvaten in den vinger — welke laten wij voorloopig in het midden, — zou doen veronderstellen, en dus aan een grooter vinger-volume parallel zou gaan. Dit alles is bij een oppervlakkig onderzoek inderdaad het geval. Het is ook met de dagelijksche ervaring in overeenstemming. Immers een ontstoken vinger pulseert voelbaar (volumepols), is gezwollen (grooter volume) en is warm (intensieve circulatie). De vraag is echter, in welke mate deze grootheden parallel aan elkaar veranderen.

Voorloopig willen wij vaststellen, dat de factoren, welke de grootte van het volume van den vinger bepalen, niet *alle* dezelfde zijn als die, welke de grootte van den volumepols bepalen. Registratie van den volumepols en het volume van den vinger zullen elkander dus nooit kunnen vervangen, hoogstens kunnen aanvullen (Zie fig. 11).

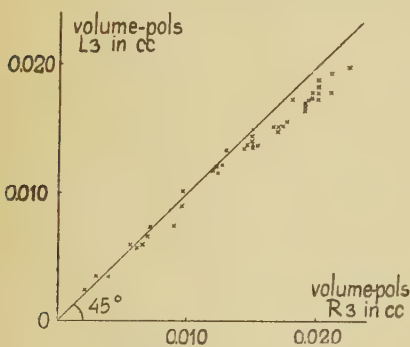


Fig. 9.

Dat de grootte van den volumepols echter geen toevallige grootheid is, wordt mijns inziens, fraai gedemonstreerd door fig. 9. Twee symmetrische vingers van rechter- en linkerhand zijn onder gelijke omstandigheden plethysmographisch onderzocht. De in opeenvolgende momenten gemeten volumepolsen werden in cc. per 10 cc. vinger omgerekend, en vervolgens voor

den rechtervinger horizontaal en voor den linker vertikaal uitgezet.

Het is buitengewoon opvallend, hoe zeer de volumepolsen van den rechter- en linkervinger aan elkaar gelijk zijn. ¹⁾

¹⁾ Deze uitkomst pleit zeer voor de betrouwbaarheid van de gebruikte apparatuur.

Grootte van den volumepols en de ademhaling.

Dat de ademhaling op de grootte van den arteriepols (bijv. den radialis pols) een meer of minder grooten invloed kan hebben, is algemeen bekend. (Wij denken b.v. aan de pulsus respiratorius paradoxus uit de kliniek.) De vinger, mits voldoende warm, heeft een volumepols, welke bij inspiratie kleiner is dan op het eind der expiratie (Fig. 10). In de koude hand merkten wij dit verschil niet op. In dat geval echter zijn de volumepolsen steeds klein.

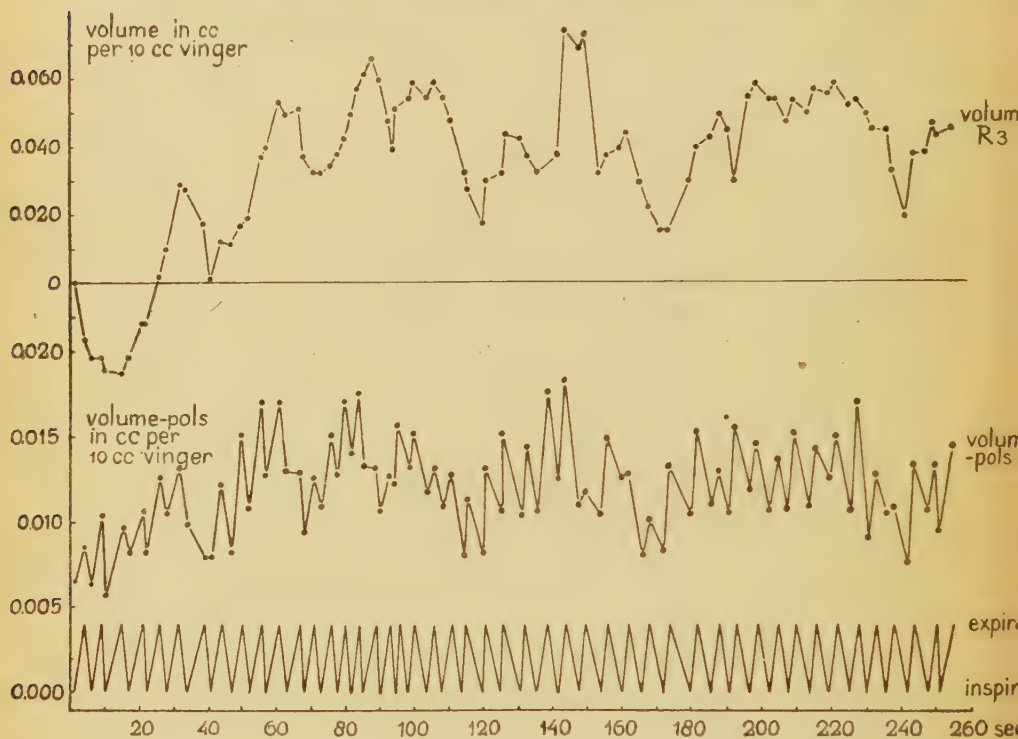


Fig. 10.

Tijdens een diepe ademhaling (zucht) bereikt de volumepols in den regel eerder zijn minimum dan het vingervolume, dat na een zucht steeds een scherpe daling vertoont (Zie fig. 11).

b. Ademhaling en vingerplethysmogram.

Door tal van onderzoekers wordt medegedeeld dat er, synchroon met de ademhaling, volumeveranderingen in de extremiteiten voorkomen. Deze plethysmographisch aantoonbare veranderingen in

de bloedvulling noemt men „golven van de 2e orde”. UHLENBRUCK ⁽⁸⁷⁾, BRUNS en SCHMIDT ⁽¹⁰⁾ stelden deze golven vast voor den arm. Tijdens de inspiratie zou het armvolume afnemen om tijdens de expiratie weer toe te nemen.

GEORG PETERS ⁽⁶⁷⁾, MARTIN, MARCELLUS, SYKOWSKI ⁽⁶¹⁾ berichten over het regelmatig voorkomen van synchroon met de ademhaling in den vinger optredende volume toe- en afnamen.

BOLTON, CARMICHAËL, STÜRUP ⁽⁶⁾ maken eveneens melding van de bedoelde volumeschommelingen in den vinger, zonder hierop verder in te gaan. GOETZ ⁽³¹⁾ ziet in den vinger slechts zelden een verandering van het volume synchroon met de ademhaling. Er zijn ook onderzoekers, die het bestaan van den invloed van de ademhaling op het plethysmogram van vinger, arm of been ontkennen. Tot deze behooren ROEMER en HOERNICKE ⁽⁷¹⁾ en DESSECKER en STEINHAUSEN ⁽²⁰⁾. Laatstgenoemden gebruikten een plethysmograaf voor den onderarm. Zij schrijven de door anderen geconstateerde volumeveranderingen, synchroon met de ademhaling, toe aan mechanische invloeden veroorzaakt door beweging van het extremitetengedeelte in de plethysmograaf ten opzichte van het instrument. Deze bewegingen zouden van den romp op de extremiteiten worden voortgeplant.

Tenslotte is er een groot aantal auteurs, welke plethysmographische studies schreven zonder gewag van de hier bedoelde volumeverandering te maken.

Op grond van een onderzoek bij een groot aantal proefpersonen is mij gebleken, dat er niet altijd volumeschommelingen van den vinger met de ademhaling bestaan. Belangrijk voor het optreden van deze schommelingen is het, dat de hand en ook de vinger goed warm zijn, m.a.w. dat er een intensieve circulatie in den vinger bestaat. Mechanische oorzaken kunnen in die gevallen, waarbij golven van de 2e orde werden gevonden, stellig worden uitgesloten.

Immers de door mij gebruikte plethysmograaf hangt aan den vinger. Het is dus onmogelijk, dat deze, zelfs bij grove armbewegingen, ten opzichte van de plethysmograaf beweegt, om zoodoende een schijnbare volumeverandering van den vinger te veroorzaken.

Bij de voorbereidende onderzoeken gebruikte ik een plethysmograaf, zooals ook GOETZ, BOLTON, CARMICHAËL, PETERS en vele anderen, welke op een vaste onderlaag (tafel) rustte. In dien tijd vond ik, onder overigens gelijke omstandigheden, herhaaldelijk

golven van de 2e orde bij personen, welke deze golven later, bij gebruik van de beschreven opstelling, nimmer vertoonden.

Voor die gevallen, waarin bovendien bleek, dat bij afsnoeren van den bovenarm, de golven bleven bestaan, staat een mechanische oorzaak voor de plethysmographische golven van de 2e orde m.i. vast. De meening van DESSECKER⁽²⁰⁾ als zouden de golven van de 2e orde allen berusten op een artefact kan ik niet onderschrijven. In dezen deel ik de meening van GOETZ⁽³¹⁾, welke ze als bij sommige proefpersonen wel, bij anderen niet voorkomend, beschrijft. Zelfs in eenzelfde experiment wisselt het volume van den vinger soms wel, soms niet met de ademhaling. Een voorbeeld hiervan geeft fig. 10. Telkens wanneer het volume van den vinger eenigen tijd constant blijft, komen golven van de 2e orde naar voren, waarbij op het einde van de expiratie het vinger-volume het grootste is.

De volumeveranderingen van de 2e orde verschijnen slechts dan, wanneer het plethysmogram geen volumeveranderingen van grooter orde vertoont (fig. 11). De volumeveranderingen van den vinger synchroon met de ademhaling vond ik nimmer grooter dan 15 mm³ per 10 cc. vinger, een waarde, welke, gezien de curven van GOETZ, ook door hem gevonden wordt.

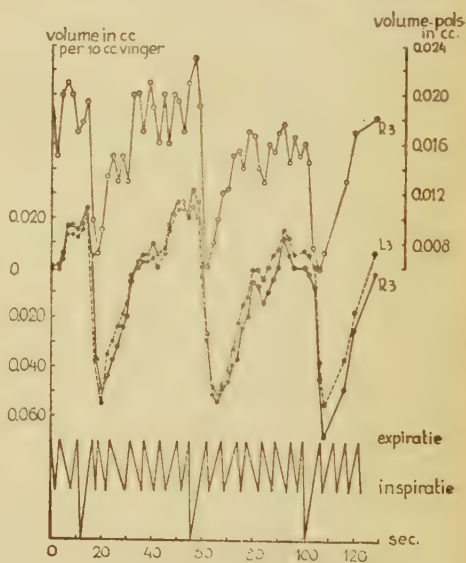


Fig. 11.

c. Plethysmographische golven van de derde orde.

Behalve volumeveranderingen van den vinger synchroon met den pols en de ademhaling, bestaan er ook nog langzamer en onregelmatiser optredende volumeschommelingen.

Wanneer wij het plethysmogram van den vinger eenigen tijd vervolgen, vallen deze langzame, niet regelmatige volume toe- en afnamen direct op. De onder *a* en *b* behandelde volumeveranderingen zijn op deze golven gesuperponeerd. Het begin van de curve, fig. 10, toont zulk een golf.

De periode van bedoelde volumeverandering is in dit geval 35 sec. Van tijd tot tijd keeren deze golven terug, soms plotseling onderbroken door een snelle volume afname. De periode duurde in het onderhavige experiment steeds 35—45 sec. Met de ademhaling, welke in fig. 10 onderaan geregistreerd is, bestaat geen verband. De hier bedoelde volume toe- en afnamen onderscheiden zich, behalve door hun lange periode, hun betrekkelijk regelmatig optreden, nog door het feit, dat zij zoowel langzaam ontstaan als weer verdwijnen. Langzaam neemt het volume toe en even langzaam neemt het weer af, geheel in tegenstelling met de plotselinge volumedalingen, b.v. na 150 sec., in fig. 10. Hoewel het niet doenlijk is, iets omtrent de periode bij één zelfden proefpersoon te zeggen, zoo bestaat er toch een zeer duidelijk onderscheid in de frequentie van optreden en den duur van de hier bedoelde schommelingen bij verschillende proefpersonen.

Deze volumeveranderingen van de 3e orde in den vinger zijn, evenals de pols- en ademhalingsgolven, het minst duidelijk, wanneer de onderzochte vinger en hand koud zijn. Ook bij sterke verwarming van den proefpersoon is van deze periodische golven weinig meer te zien, evenmin als van de nog te bespreken plotselinge volume afnamen op schrik en dergelijke prikkels. De eenige volumeschommelingen, die in een zeer warme hand aanwezig kunnen blijven, zijn die synchroon met de ademhaling. In den slaap blijven de golven van de 3e orde aanwezig. Zij zijn dan, mits de onderzochte diep slaapt, zelfs mooi te zien.

d. Plotselinge afnamen van het vingervolume.

Behalve de besproken 3 soorten van volumeschommelingen bestaat er nog een 4e soort.

In het verloop van een plethysmogram komt (afhankelijk van den proefpersoon) een meer of minder frequente, plotselinge, verschillend groote volumeafname voor, gevolgd door een langzamere volumetoe name, welke op haar beurt weer onderbroken kan worden door een herhaalde, even abrupte volumeafname.

Ook komt het voor, dat een langzame volumetoe name of -afname, behoorende tot een volumeverandering als hier voor beschreven (volumeverandering van de 3e orde), onderbroken wordt door een dergelijke abrupte vermindering van het vingervolume.

Het zijn eigenlijk deze zoo plotselinge volumedalingen, welke het meest opvallen in het plethysmogram. Zij imponeeren vooral

daardoor, dat zeer dikwijls geen enkele oorzaak voor hun verschijnen is te vinden. Zij treden aan verschillende vingers van dezelfde hand, doch ook aan die van beide handen, zelfs aan vinger en teen, *synchroon* op.

Bovendien zijn zij ook quantitatief in verschillende vingers *volledig* gelijk. Deze plotselinge volumeveranderingen werden door vele onderzoekers waargenomen en beschreven. Zij treden zoowel spontaan op, als ook in aansluiting aan een onverwacht geluid, een pijn- of temperatuurprikkel, een wakker schrikken, of in aansluiting aan een emotie. Merkwaardig is, dat de reactie altijd bestaat in een snelle volume afname. ¹⁾ Zelfs aanraking van de hand met een *warm* voorwerp geeft een volume afname van den vinger te zien, d.w.z. een vasoconstrictie.

Het is mij opgevallen, hoezeer het aantal dezer plotselinge volumeveranderingen per tijdseenheid bij verschillende proefpersonen uiteenloopt. In het algemeen zou ik willen opmerken, dat duidelijk vasolabele typen (dermografie, labiele pols, nervositas) deze golven frequenter vertoonen dan rustige, vagotone proefpersonen. Bovendien komt het mij voor, dat er belangrijke leeftijdsverschillen bestaan. Zonder uitzondering vertoonden mijn oudere proefpersonen (30—40 jaar) minder van deze interrupties dan jonge mensen tot 25 jaar. ²⁾

Het plethysmogram van oude mensen toont een al zeer weinig labiel beeld. Bij twee grijsaards (64 en 70 jaar), die door mij werden onderzocht, trad slechts bij den tweede van tijd tot tijd een dergelijke volumeafname op, welke dan nog gering in grootte was.

Werd hierboven medegedeeld, dat golven van de 3e orde minder frequent zijn en zelfs geheel kunnen ontbreken, wanneer de proefpersoon zeer warm, maar vooral ook, wanneer hij koel is, zoo geldt voor deze 4e soort volumeverminderingen, dat zij ook in de zeer warme hand aanwezig blijven.

In de koele hand zijn ze steeds nog aantoonbaar, doch veel kleiner. Ook onder deze omstandigheden treden ze *synchroon* in de vingers van beide handen op.

Een latente periode, (de tijd tussehen prikkel en het begin van de volumedaling), is er steeds. Zij varieert van 2—5 sec. Summatie van prikkels bleek niet mogelijk, althans door 2 of 3 prikkels achter

¹⁾ A. B. HERTZMANN (⁴⁴) zag een plotseling nauw worden van de bloedvaten in de huid van den onderarm bij het ontwaken.

²⁾ Dit verschil drukt zich niet alleen in de veranderingen in het vinger-volume uit, maar ook in de veranderingen van de per tijdseenheid in den vinger circuleerende hoeveelheid bloed. (Vgl. fig. 17 en 18).

elkaar te geven werd het effect niet sterker. Na 10—15 sec. heeft de volumedaling in den regel haar maximum wel bereikt. Daarna herstelt het volume zich in een wisselenden tijd, welke echter altijd langer dan 10 seconden is.

e. Invloed van een diepe ademhaling (zucht) op het vingervolume.

Veel gelijkend op de beschreven 4e soort volume veranderingen in den vinger is de daling in het vingervolume, welke volgt op een diepe ademhaling of zucht van den proefpersoon.

Dit phaenomeen, dat ook in de literatuur herhaaldelijk wordt genoemd, moge hier nader besproken worden, omdat wij hier te doen hebben met een willekeurig (zij het dan ook indirect door middel van een willekeurige diepe ademhaling) op te wekken volumeafname van den vinger. Voor een nadere analyse van het plethysmogram is dit phaenomeen dan ook een zeer geschikt hulpmiddel. Immers van verreweg de meeste volumeschommelingen in den vinger blijft de oorzaak vaak onbekend.

Bovendien is het interessant na te gaan, welk een grooten invloed de vorm van de ademhaling op de periphere circulatie heeft.

Terwille van de overzichtelijkheid zal hier eerst alleen worden besproken de invloed van de gewilde (of ongewilde) diepe ademhaling (zucht) op het volume van den vinger. In een volgend hoofdstuk zal blijken, hoezeer ook de per tijdseenheid door den vinger stroomende hoeveelheid bloed door een dergelijke ademhaling wordt beïnvloed.

Om het verband tusschen ademhaling en vingervolume te kunnen nagaan was het noodzakelijk, dat de ademhalingsbewegingen werden geregistreerd.

Dit geschiedde door een met lucht gevulde harmonica-slang om den thorax van den onderzochten proefpersoon te leggen en deze slang te verbinden aan een „bellow-recorder”. De excursies van dezen volumeschrijver werden geregistreerd met een spiegeltje (gelijk wij dit reeds in Hoofdstuk I beschreven), geplaatst op de as van den hefboom der recorder. Zoo werden dus de adembewegingen van den thorax geregistreerd. Fig. 11 is de reproductie van een curve, zooals die door mij gewoonlijk werd gemaakt. De temperatuur van het water in de plethysmograaf was 32,2° C. De temperatuur van den handrug r. en l. 32,4° C.; de proefpersoon was dus goed warm. Geregistreerd werd het volume van den rechter en linker middenvinger (R 3 en L. 3).

In fig. 11 is het effect van een diepe ademhaling goed te zien, vooral ook hoe R 3 en L 3 volkomen gelijktijdig en op gelijke wijze met een volumedaling op een willekeurige diepe ademhaling reageeren. Tevens is te zien hoe dit effect reproduceerbaar is.

Alvorens tot een meer nauwkeurige beschrijving van dit verschijnsel over te gaan, zij vooropgesteld, dat deze invloed van een diepe ademhaling op het volume van den vinger alleen zoo fraai te zien is, als dat hier het geval is, wanneer de proefpersoon goed warm is en wanneer het water in de plethysmograaf niet onder de 20° C. is. Beneden die temperatuur is de reactie nog wel aanwezig, echter veel minder duidelijk. Wij komen hierop nog nader terug (zie pag. 69 e.v.).

De volumeafname van den vinger begint nimmer tijdens de inspiratie, zeer zelden op het hoogtepunt van de inspiratie, meestal echter tijdens de expiratie of zelfs onmiddellijk daarna, zooals in het gegeven voorbeeld (fig. 11).

Men zou daarom kunnen meenen, dat de expiratie den prikkel voor de volumedaling in den vinger vormde. Dit is echter niet het geval. Een geforceerde diepe expiratie heeft niet het hier beschreven effect op het vingervolume. Er bestaat een zekere latente periode, de tijd tusschen het begin van den prikkel, de diepe inspiratie, en het begin van het effect: de daling van het vingervolume. Deze latentie is bij denzelfden proefpersoon in hetzelfde experiment, precies gelijk. Zij bedraagt voor het in fig. 11 afgebeelde experiment 2 sec.

Ook de tijd, welke er noodig is, voordat het volume van den vinger tot zijn minimum is gedaald, is in één experiment steeds gelijk (7 seconden in ons voorbeeld). Bij andere proefpersonen, onder overigens gelijke omstandigheden, is deze tijd in den regel verschillend, doch ook weer in hetzelfde experiment gelijk. Zoo bedraagt die tijd in fig. 20 14 seconden. De „latentie” bedraagt in die proef 3 seconden.

Steeds echter bestaat bij alle normale proefpersonen dezelfde opvallende symmetrie in reactie tusschen de vingers van rechter- en linkerhand, mits deze natuurlijk onder gelijke omstandigheden worden onderzocht.

Op de snelle afname van het vingervolume volgt een zeer veel langzamere volumetoe name. Voor den duur van die toename zijn geen vaste tijden, ook niet voor één experiment, aan te geven. Vaak wordt deze volumestijging weer door een intercurrente volumedaling onderbroken van den aard, zooals die onder *c*, *d* en *e* werden beschreven. De maximum duur van de stijging is ongeveer 60 seconden. De grootte van de volumeafname van den vinger als

gevolg van een diepe ademhaling verschilt eveneens aanzienlijk, ook in hetzelfde experiment. Het maximum, waarmee het vingervolume afnam, was in dit onderzoek 120 mm^3 per 10 cc. vinger. Dit beteekent een daling met ruim 10% van het bloedvolume in den vinger.

Nu behoeft het feitelijk niet te verwonderen, dat de daling van het vingervolume na een diepen zucht, ook in hetzelfde experiment, van zoo uiteenlopende grootte is. Immers op het moment, dat de daling van het volume begint, is de vulling van de vaten in den vinger zeer verschillend. Het minimum, waartoe het volume van den vinger daalt als gevolg van een diepen zucht, is in één experiment hoewel niet precies toch vrijwel aan elkaar gelijk. Zoo verschilden na 10 diepe ademhalingen het volume van den onderzochten vinger, wanneer eenmaal het minimum was bereikt, onderling hoogstens 12 mm^3 per 10 cc. vingervolume.

De grootte van de daling van het vingervolume is voorts in hooge mate afhankelijk van de temperatuur van het water in de plethysmograaf (fig. 14, 15). Bij lagere temperatuur is de daling kleiner.

f. Symmetrie van de volumeveranderingen.

Tenslotte moge nog een voorbeeld gegeven worden van de gelijkheid, grootte en gelijktijdigheid der volumeveranderingen in een vinger van de rechter- en van de linkerhand. Daarbij moet men de volumeveranderingen omrekenen per 10 cc. vingervolume.

Hoezeer de volumevariatiën aan twee verschillende vingers parallel gaan, bewijst de fig. 12 voldoende. Het volume van rechter- en linkermiddenvinger is geregistreerd (R 3 en L 3). Uitgaande van een gelijk beginvolume, dus gelijk nul ingesteld, zijn alle veranderingen in volume als plus of min in mm^3 in de curve weergegeven. De volumeveranderingen van R 3 horizon-

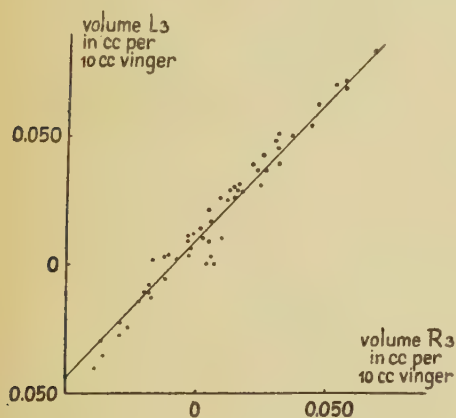


Fig. 12.

taal, die van L 3 vertikaal. Wanneer de volumeschommelingen in L 3 en R 3 steeds precies gelijk zijn, moeten de gevonden

punten precies op een rechte lijn liggen. De figuur toont aan, hoe gering de afwijkingen zijn. Tijdens de proef was de plethysmograaf aan de rechter hand $0,3^{\circ}$ C warmer dan links. Het is mogelijk, dat daarom de rechte lijn, welke door de gevonden punten getrokken zou kunnen worden, een iets grooter hoek dan 45° met de absis maakt.

Zagen wij dus eenerzijds, dat alle volumeschommelingen, behalve die met pols en ademhaling, in den vinger door centraal vasomotore prikkels tot stand komen (vandaar ook de opvallende synchronie en symmetrie), anderzijds hangt vooral de grootte van

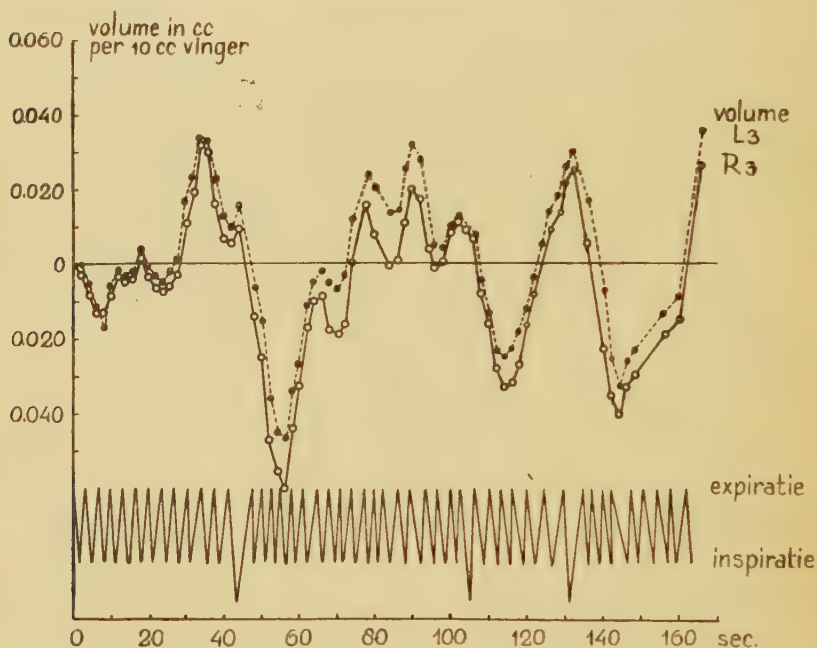


Fig. 13.

de volumeveranderingen af van *locale* omstandigheden, in dit geval de temperatuur van het water in de plethysmograaf. Wij willen dit aan enkele voorbeelden toelichten.

In plaats van de plethysmografen aan twee te onderzoeken vingers van denzelfden proefpersoon uit één thermostaat te doorstroomen met water van een gegeven temperatuur, doorstroomde ik elke plethysmograaf uit een afzonderlijke thermostaat. Op deze wijze kon in iedere plethysmograaf elke gewenschte temperatuur worden gehandhaafd.

Het bleek mij, dat reeds verschillen in temperatuur van 4 of 5° C. zeer duidelijke verschillen in het plethysmogram van de onderzochte vingers gaven. Fig. 13, 14 en 15 geven een voorbeeld van een dergelijk experiment. Gedurende het 1e deel van het experiment (fig. 13) werden plethysmografen, bevestigd aan linker- en rechtermiddenvinger (L 3 en R 3) doorstroomd met water van 32,6° C.

In de figuur is het beginvolume gelijk nul gesteld. De volumeveranderingen van beide vingers, omgerekend in mm³ per 10 cc. vinger zijn vertikaal uitgezet, de tijd horizontaal. Onderaan in de figuur zijn de thoracale adembewegingen in curve gebracht. Op het in curve gebrachte stuk plethysmografie komen 3 diepe, willekeurige ademhalingen voor.

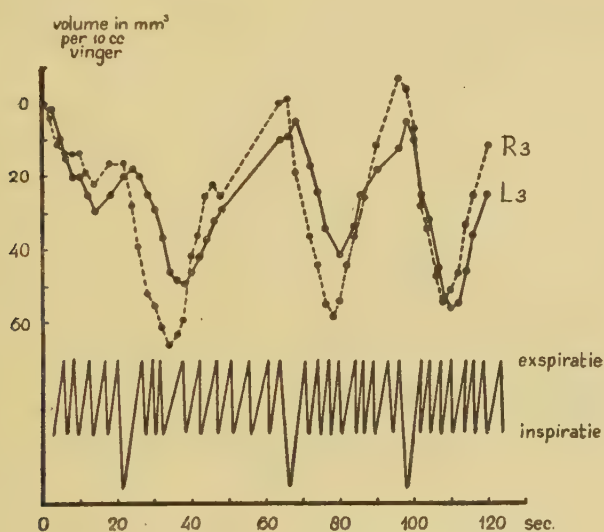


Fig. 14.

Verschillende volumeschommelingen zijn in de curve te zien. Volumeveranderingen synchroon met de ademhaling komen er niet in voor. Opvallend is, dat de kleinste volumeverandering in den eenen vinger ook in den anderen te zien is. De gelijkheid der volumeschommelingen is opvallend. Het effect van een diepe ademhaling op het vingervolume, zooals wij dat eerder beschreven, is goed te zien. Fig. 14 brengt het volgende deel van het experiment in beeld. In dit geval werd de plethysmograaf aan

L 3 doorstroomd met water van $24,5^{\circ}\text{C}$., die aan R 3 met water van $32,6^{\circ}\text{C}$. Ook hier zijn bijna alle kleine volumeveranderingen in den eenen vinger ook in den anderen te zien.

Opvallend echter is, dat de volumeschommelingen in L 3, welke dus kouder is dan R 3, kleiner zijn. Deze volumeschommelingen werden bewerkt door den proefpersoon een diepe ademhaling te laten maken. Ook begint de volumedaling na een diepe ademhaling in den kouderen vinger (L 3) iets later dan in den anderen (steeds ongeveer 2 seconden), terwijl de volumetoename in L 3, na het bereiken van het minimumvolume later dan in R 3 begint (ook ongeveer 2 seconden). Fig. 15 stelt voor het volume van L 3 en R 3. In dit deel van hetzelfde experiment werd de plethysmograaf

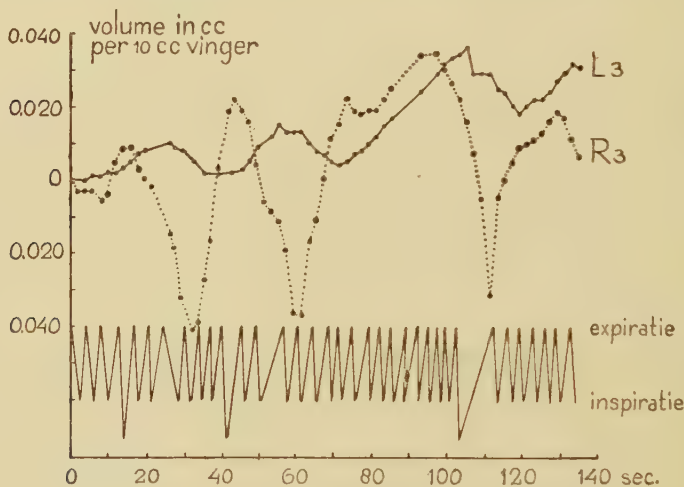


Fig. 15.

aan L 3 doorstroomd met water van $18,5^{\circ}\text{C}$., de plethysmograaf aan R 3 wederom met water van $32,6^{\circ}\text{C}$. De verschillen, welke in de vorige figuur opvielen, zijn in dit experiment veel sterker geworden.

In de figuur is het resultaat van drie diepe ademhalingen afgebeeld. In R 3 veroorzaken deze, zooals te verwachten, een flinke daling van het volume met een latentie van ongeveer 3 sec. (Na de laatste diepe ademhaling is dit niet goed na te gaan, omdat het vingervolume reeds dalende was tijdens die ademhaling. Wel is duidelijk, dat L 3 ook in dit geval veel trager reageert). Voor den kouden vinger is de latentie overal ± 10 seconden langer. Dit is ook goed te zien door de momenten te vergelijken, waarop, nadat het

minimum volume bereikt is, het volume in R 3 en L 3 weer gaat toenemen.

Tevens blijkt uit de figuur, hoe enkele volumeveranderingen van kleinen omvang, zooals in R 3 bij 72 sec., niet meer voorkomen in L 3.

Nemen wij voor het water in de plethysmograaf aan L 3 steeds lagere temperaturen, dan blijkt hoe steeds meer het plethysmogram van dien vinger van dat van R 3 gaat verschillen. In den kouden vinger worden de volumedalingen na een diepen zucht steeds kleiner en steeds grooter wordt het tijdverschil tusschen den zucht en de kleine, erop volgende volumedaling.

Het spreekt van zelf, dat het ons interesseerde, waar nu de temperatuurgrens lag, welke het water in de plethysmograaf moest hebben, om de daarin gesloten vinger nog juist een volumeafname na een diepe ademhaling te doen vertoonen.

Systematisch doorstroomde ik, bij een zelfden proefpersoon, één plethysmograaf met water van dezelfde temperatuur en de andere plethysmograaf met water van afnemende temperaturen. De grens bleek ongeveer bij 18° C. te liggen. Deze grens geldt echter slechts voor dezen proefpersoon (denzelfden als waarvan de voorafgaande figuren zijn afgebeeld) en voor dit bepaalde experiment. In verschillende experimenten kan n.l. die grens, ook voor denzelfden proefpersoon, eenige graden verschillen.

Toch mag in het algemeen gezegd worden, dat de temperatuurgrens van het water, waarin de vinger nog juist aan een volumedaling na een diepe ademhaling meedoet, tusschen 16°—18° C ligt.

Opvallend is ook, dat het plethysmogram van den vinger in water van die temperatuur *geen enkel* verband meer vertoont met een gelijktijdig geschreven plethysmogram van een anderen vinger van denzelfden proefpersoon, welke echter in water van hoogere temperatuur hangt.

Wat het plethysmogram van den vinger bij nog lagere temperatuur van het water in de plethysmograaf vertoont, zal in het hoofdstuk IV worden besproken.

g. Plethysmographie bij den „kouden” proefpersoon.

In den aanvang van dit hoofdstuk deelde ik mede, hoe wij en anderen (GOETZ, BOLTON, CARMICHAËL) opmerkten, dat het noodzakelijk is, voorzorgen te nemen om den proefpersoon gedurende de vaak langdurende experimenten niet te laten afkoelen. Wij bereikten dit door het omslaan van dekens.

De noodzakelijkheid van dezen voorzorg berust op het feit, dat de vinger van den afgekoelden „kouden” proefpersoon heel weinig verandering van volume vertoont en dat wij juist deze volumeveranderingen wilden leeren kennen.

Hierboven werden de volumeschommelingen van den vinger bij den warmen proefpersoon besproken. Daarna kwamen de schommelingen van het vingervolume ter sprake in den bij lagere temperaturen onderzochten vinger, terwijl de proefpersoon „behagelijk” warm was. Thans wil ik een enkel woord wijden aan het plethysmogram van den vinger bij den „kouden” proefpersoon.

Koude proefpersoon, niet te verstaan in den zin van een lagere lichaamstemperatuur hebbende, doch personen, die zich subjectief koud voelen en door afkoeling van de huid een zoodanig beperkte circulatie in de huid hebben, dat een belangrijke temperatuurgradient tusschen huid en omgeving niet langer bestaat.

Laten wij een normaal persoon gedurende b.v. 45 min. in de bekende opstelling zonder dekens, en licht gekleed, in een vertrek (19° — 20° C.) zitten, dan daalt de temperatuur van de vingers tot op enkele graden boven die van de omgeving. Een belangrijke oorzaak voor deze afkoeling is zonder twijfel ook de rust, waarin de onderzochte verkeert. Onder die omstandigheden vertoont de vinger al spoedig slechts zeer geringe schommelingen in bloedvulling, welke laatste ook sterk afneemt.

Bij een temperatuur van den vinger van ongeveer 23° — 20° C. is het plethysmogram van den vinger een bijna horizontaal verloopende curve, met slechts enkele langzaam verloopende, kleine wisselingen in volume (tot 30 mm^3 per 10 cc. vinger).

Interessant is ook, dat bij een kouden proefpersoon een diepe ademhaling geen, of slechts een uiterst kleine daling van het vingervolume geeft, dus juist als in den vinger van een warmen proefpersoon, maar onderzocht in een met water van b.v. 20° C. doorstroomde plethysmograaf.

Het blijkt dan dat de overgang van het zoo wisselende plethysmogram bij den behagelijk warmen proefpersoon (handrug b.v. 32° C.) naar het vlak verloopende plethysmogram van den kouden proefpersoon vrij plotseling bij ongeveer 23 — 20° C. plaats vindt.

De verandering in het plethysmogram werd het beste geregistreerd door middel van een met lucht gevulde plethysmograaf en thermoelectrische contrôle van de temperatuur van den vinger.

Fig. 16 geeft telkens een stukje curve uit een dergelijk experiment bij verschillende temperatuur van den vinger. Het is natuurlijk

niet mogelijk na te gaan, hoeveel mm^3 het totale vingervolume afneemt, want ook de lucht in de plethysmograaf koelt af en een correctie hiervoor is zeer moeilijk nauwkeurig aan te brengen. Wanneer wij de plethysmograaf doorstroomen met water van 32°C . en den proefpersoon evenals in de vorige proef laten afkoelen, verkrijgen wij hetzelfde resultaat. Het blijkt dus wel, dat er een vasoconstrictie in den vinger plaats vindt, welke in dit geval *niet* van de locale temperatuur afhankelijk is. Nog duidelijker blijkt dit, wanneer wij van den behagelijk warmen proefpersoon de beide beenen in water van 16°C . dompelen.

Een zeer plotselinge vasoconstrictie in alle vingers is dan het gevolg, welke ondanks de doorstroming van de plethysmograaf met water van 32°C . tot 20 minuten lang op deze wijze kan worden onderhouden (vgl. fig. 29).

Het plethysmogram vertoont dus zoowel bij afkoeling van den vinger alleen, bij afkoeling van den geheelen proefpersoon, als ook bij een reflectorisch opgewekte vasoconstrictie door dompeling van de beenen in koud water vrijwel steeds hetzelfde beeld.

Het blijkt dus, dat, hoewel de plethysmogramveranderingen sterk afhankelijk zijn van de locale omstandigheden (temperatuur van het water in de plethysmograaf), toch ook centraal vasomotore invloeden zich zoo

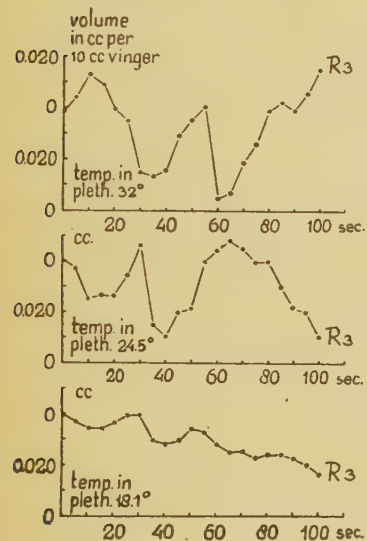


Fig. 16 1).

sterk kunnen doen gelden, dat locale warmte (doorstroming van de plethysmograaf met water van 32°C .) geen effect meer heeft.

1) Voor temp. in pleth. leze men: temp. van den vinger in de plethysmograaf.

HOOFDSTUK III.

DE INSTROOMSNELHEID VAN HET BLOED („INFLOW”) IN DEN VINGER.

Het plethysmographisch onderzoek van den vinger beoogt een zoo volledig mogelijke kennis van den toestand der periphere bloedvaten. Hierdoor wordt zoowel de bloedvulling, als ook de bloedstroom bepaald. De eerste hebben wij onder verschillende omstandigheden in het vorig hoofdstuk leeren kennen. Een inzicht in den bloedstroom wordt verkregen door de bepaling van de instroomsnelheid van bloed in den vinger, onmiddellijk na afsluiting van den veneuzen afvoer. Deze instroomsnelheid (inflow) wordt uitgedrukt in cc. per minuut, per 10 cc. vingervolume. In hoeverre aldus een juist beeld van den bloedstroom wordt verkregen, is in het hoofdstuk methoden uitvoerig besproken.

De labiliteit van den peripheren vaattoestand hebben wij reeds leeren kennen en zoo is het belangrijk, dat ook bij het bepalen van de instroomsnelheid van het bloed van standaardcondities wordt uitgegaan. Deze zijn niet in een enkele maat, b.v. de rectaaltemperatuur of de gemiddelde huidtemperatuur uit te drukken, maar worden door een aantal voorwaarden bepaald, waarbij het subjectief gevoel van behagelijke warmte een belangrijke aanwijzing levert. Dan is de temperatuur van de vingertoppen $29-33^{\circ}$, die van den handrug $25-32^{\circ}$, terwijl de proefpersoon zich in een gemakkelijk zittende houding met een omgeslagen deken bevindt. De temperatuur van het water in de plethysmograaf werd op $30-32^{\circ}$ gehouden. Hoe labiel de bloedstroom is, blijkt uit de lage waarde, die de „inflow” gedurende langen tijd kan hebben, wanneer er een koele luchtstroom langs de beenen of wat cigarettenrook in het lokaal is.

De rectale temperatuur kan volgens UPRUS, GAYLOR, CARMICHAËL (⁸⁸) schommelingen vertoonen, welke *tegengesteld* zijn aan die in de vingers of teenen. Het blootstellen van den proefpersoon aan een kamertemp. van 15° deed de rectale temperatuur in een aantal gevallen zelfs stijgen, terwijl daarbij de periphere circulatie (en temperatuur) daalde. Bovendien zijn er veranderingen

in den bloedstroom, als gevolg van temperatuurverandering van de omgeving, welke zoo snel optreden, dat zij onmogelijk het gevolg kunnen zijn van een temperatuurverandering van het lichaam als geheel. Ook hieruit blijkt, dat de rectale temperatuur niet bepalend is voor de vingercirculatie. Van de veranderingen in het volume van den vinger is, door de registratie van het volume, een continu beeld te verkrijgen. De bepaling van de instroomsnelheid vordert echter eenigen tijd. Noodig is ± 1 sec. om den tijdens de bepaling gestuwden vinger, weer het oorspronkelijk volume te laten innemen.

Bovendien is het niet gewenscht de bepalingen te snel achtereen te doen, daar rekening moet worden gehouden met de mogelijkheid, dat door het intermitterende stuwen van den vinger een abnormaal groote circulatie in dien vinger ontstaat (reactieve hyperaemie).

In den regel verrichtte ik niet meer dan 6 bepalingen per minuut. De gebruikte stuwdruk in de manchets om den vinger, overschreed nimmer de 50 mm Hg.; was dus ruim boven den veneuzen druk en onder den diastolischen druk in de art. digitalis. Bij de hieronder volgende beschrijving van de bloeddorstrooming van den vinger bij den gezonden jongen proefpersoon, zullen de verschillende min of meer regelmatig terugkeerende veranderingen van de instroomsnelheid van het bloed besproken worden, zooals dit in het voorgaande hoofdstuk voor de bloedvulling werd gedaan.

a. Veranderingen van de instroomsnelheid tijdens de polsgolf.

Het is niet te verwachten, dat het bloed den vinger steeds met dezelfde hoeveelheid per tijdseenheid binnenstroomt. Dit blijkt duidelijk uit de figuren 5, 6 en 7, waar de hoeveelheid bloed, die tijdens de systole in den vinger stroomt, gelijk of grooter is dan die, welke tijdens de veel langer durende diastolische phase toestroomt. Dit beteekent, dat het bloed zich pulseerend in den vinger beweegt. Of het ook inderdaad in alle vaten pulseert, met name in de capillairen, hangt in hooge mate van hun wijdte en die der arteriolen af.

Wanneer wij dus spreken over de instroomsnelheid van het bloed in den vinger op een bepaald moment, dan bedoelen wij daarmee de gemiddelde snelheid van den bloedstroom tijdens de systolische en diastolische phase van den pols tezamen (omgerekend op 10 cc. vingervolume per minuut).

Bij lagere instroomwaarden is het verschil tusschen de instroomsnelheid van het bloed tijdens de systolische en diastolische phase veel minder duidelijk en beweegt het bloed zich dus zonder pulsaties door de capillairen.

b. Veranderingen van de instroomsnelheid met de ademhaling.

Het was interessant om na te gaan, of de bloedstroom, evenals de bloedvulling van den vinger, met de ademhaling varieerde.

Terwijl, zooals wij in het vorig hoofdstuk vermeld hebben, verschillende onderzoekers het al of niet voorkomen van volumeschommelingen synchroon met de ademhaling bespreken, bestaan er over eventueele respiratorische bloedstroomvariatiëen (gemeten in absolute waarden) geen literatuuropgaven. Om een inzicht in deze variatiëen te kunnen verkrijgen, werd telkens tijdens een inspiratie en de daaropvolgende expiratie de bloedstroom bepaald en nagegaan, of de gevonden waarden onderling duidelijke verschillen vertoonden. Ten einde een verschil in den bloedstroom tijdens inspiratie en tijdens expiratie aan te toonen, moest het gemiddelde van een groot aantal bepalingen verricht tijdens het hoogtepunt der inspiratie, vergeleken worden met het gemiddelde van een gelijk aantal bepalingen gedaan tijdens het hoogtepunt der expiratie.

Experiment. De ademhaling werd door middel van een stuk harmonicaslange om de borstkas, verbonden met een volumerecorder, geregistreerd. Het resultaat van onze proeven toont, dat de gemiddelde bloedstroom tijdens de expiratie grooter is dan tijdens inspiratie.

Het blijkt, dat bij alle onderzochten de gemiddelde waarden, gevonden tijdens expiratie hooger zijn dan tijdens inspiratie. Het verschil is bij verschillende proefpersonen niet even groot, doch was steeds aantoonbaar.

Pr.p.	aantal bepalingen	gemiddelden per 10 cc. vinger per minuut: tijdens:		grootste variatie tijdens:		temp. hand- rug.
		insp.	exp.	insp.	exp.	
M. N. J. D.	28	2,877 cc.	2,930	0,700	1,100	32° C.
H. J. B.	40	2,348	3,130	2,000	2,600	33,4° C.
J. W. F. K.	34	2,580	3,176	0,900	1,800	31,0° C.
J. T. A.	30	2,243	3,277	1,600	3,800	32° C.

Zooals uit de getallen blijkt is het verschil der uiterste waarden bij M. N. J. D. zoowel tijdens de inspiratie als expiratie opvallend kleiner dan bij de andere proefpersonen. Later zal blijken, dat deze proefpersoon ook in ander opzicht een veel stabielere circulatie in den vinger heeft dan de andere onderzochte personen (zie fig. 18). Toch treden in deze proeven alleen bij M. N. J. D. schommelingen in het vingervolume synchroon met de ademhaling op. Veranderingen van de instroomsnelheid van het bloed gaan dus niet altijd samen met variaties in de bloedvulling. Dit resultaat kon alleen door de directe meting van de instroomsnelheid van het bloed worden verkregen. Het is niet af te leiden uit de in het vorige hoofdstuk beschreven respiratorische schommelingen in de bloedvulling.

Hoewel in het algemeen de gemiddelde instroomsnelheid van het bloed tijdens de inspiratie kleiner is dan tijdens de expiratie, mogen wij dit feit niet ontleenen aan een verschil in grootte tusschen de volumepolsen tijdens inspiratie en expiratie (hoofdstuk VI).

Evenmin als respiratorische volumeschommelingen in de koude, slecht doorbloede hand kunnen worden vastgesteld, werd onder die omstandigheden ooit een verschil gevonden tusschen de instrooming bij expiratie en inspiratie.

c. Langzame veranderingen in de instroomsnelheid.

Wij leerden reeds langzame, langdurende variaties in het vingervolume kennen, die onder standaardcondities spontaan optreden. Gelijksortige veranderingen van de instrooming van bloed vond ik bij alle onderzochte jonge, normale proefpersonen, die in dezelfde condities onderzocht werden. Het is bij het intermitterend meten van den bloedstroom in den vinger veel moeilijker een beeld te verkrijgen van zijn verloop in den tijd, dan dat bij de volumemeting van den vinger het geval was. Wij kunnen immers onze bepalingen hoogstens met een frequentie van 6—10 per minuut verrichten. Het is gebleken, dat opeenvolgende bloedstroombepalingen uiterst zelden waarden opleveren, welke aan elkander gelijk zijn. Bij dit zeer wisselende beeld, dat de regelmatig herhaalde bloedstroombepaling oplevert, is het moeilijk verschillende „soorten” af- en toenamen te onderscheiden. Toch is mij uit het groote aantal proeven gebleken, dat dit mogelijk is.

Behalve den besproken invloed van de ademhaling op den bloedstroom, welke veelal door golven van andere grootte wordt overdekt, bestaan er in den regel vrij langdurende (15—60 sec.) dalingen

en toenamen van de instroomsnelheid in den vinger. De daling geschiedt in den regel sneller dan de toename. Vaak worden deze golven onderbroken door meer abrupte dalingen van de instroomsnelheid. Bij verschillende proefpersonen treden deze golven verschillend duidelijk op. In het algemeen zijn zij het duidelijkste bij vasolabielen. Hier worden, zooals een voorbeeld in fig. 17 leert, de instroomsnelheden op willekeurige momenten, onderbroken door plotselinge dalingen, in den regel door langzamere stijgingen gevolgd. Toch zijn ook hier duidelijk langzamer stroomafnamen en -toenamen te herkennen.

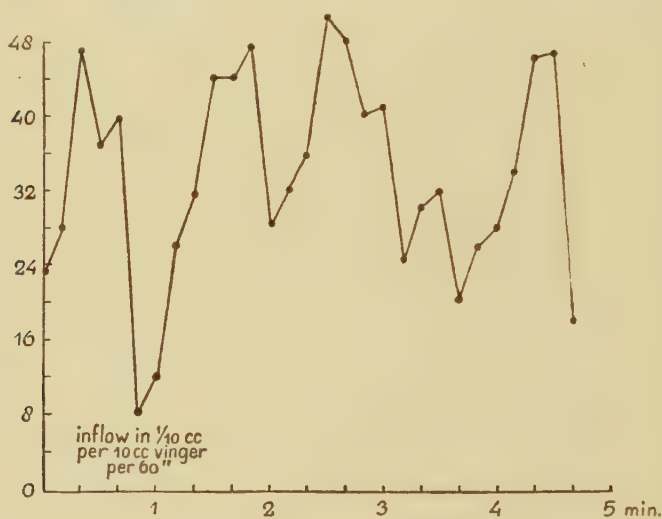


Fig. 17.

De fig. 17 is een stukje uit een experiment met een 19-jarigen zeer vasolabielen jongen. Bij langdurig staan collabeerde hij spoedig, zijn bloeddruk vertoonde bij herhaalde meting groote verschillen. Er bestond geen duidelijke nervositas of hyperthyreoïdie. Na ongeveer $2\frac{1}{2}$ min. vanaf het begin van het experiment begon een daling van de instroomsnelheid gedurende $1\frac{1}{2}$ min., kortdurend onderbroken door een kleine stijging, en gevolgd door een in dit geval iets sneller verloopende bloedstroomtoename. De geheele „golf”, die 2 min. duurde, is een voorbeeld van de hier bedoelde variatie. Ook bij denzelfden proefpersoon treden ze zelden regelmatig op. Veel regelmatiger en niet onderbroken door plotselinge dalingen is de curve, welke het resultaat is van een aan het voorafgaande analoog experiment (fig. 18). De proefpersoon was ouder, 45 jaar,

en gewoon als proefpersoon te worden gebruikt. In alle experimenten vertoonde hij een uitermate stabiele circulatie. De instroomingsvariatiës hebben in dit geval een kleinere amplitudo, echter een grootere frequentie.

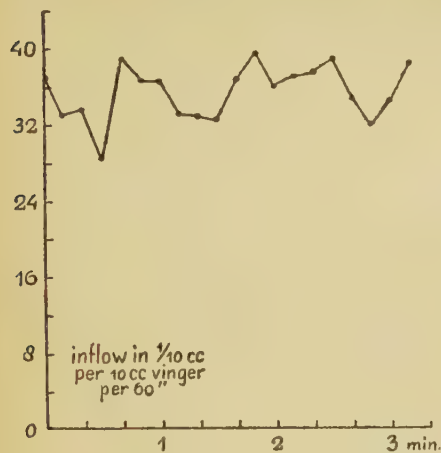


Fig. 18.

Het verschil tusschen de schommelingen in den bloedstroom bij deze personen werd in alle proeven steeds weer geconstateerd. De oorzaak van dit verschil berust, behalve op het verschil in leeftijd, zeker ook op een onderscheid in gevoeligheid voor uitwendige prikkels, die, zooals later zal worden aangetoond, sterke dalingen der instroomsnelheid tot gevolg hebben.

Een tusschenvorm toont de curve van fig. 19. Hier zijn de schommelingen min of meer regelmatig en grooter dan bij de andere proefpersonen, maar frequenter dan bij den eersten, jongeren

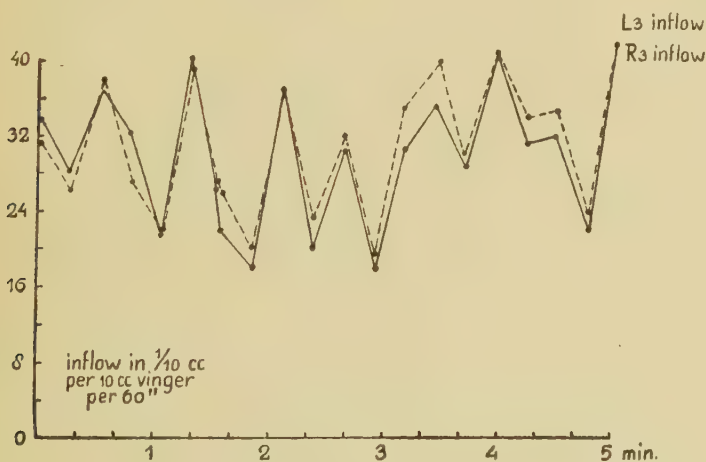


Fig. 19.

proefpersoon (fig. 17). In het experiment van fig. 19 werd de instroomsnelheid niet alleen aan den rechter (R 3), doch ook aan den linker middenvinger (L 3) gemeten, waarbij het bijzonder opvallend is, hoezeer de veranderingen in beide vingers synchroon en in ge-

lijken zin optreden en bovendien, hoezeer de bloedstroom in R 3 en L 3 aan elkaar gelijk is.

Een dergelijke gelijkheid kon ik bij alle onderzochte proefpersonen vaststellen. De sterkste variabiliteit in den bloedstroom vonden wij bij middelmatige temperatuur. Ook GRANT ⁽³⁵⁾ vindt dit voor de bloedvaten van het konijnenoor, hetgeen door Mej. BROEKEMA ⁽⁸⁾ kon worden bevestigd. Wanneer de proefpersoon sterker verwarmd wordt door een elektrische kachel, een extra-deken, of door beide beenen in water van 45° te plaatsen, wordt het beeld van den bloedstroom veel stabiel, al komen ook dan nog plotselinge dalingen van de instroomsnelheid voor. Ook als de onderzochte koud is, geen deken om heeft, of in een koud vertrek is gezeten, terwijl toch de plethysmograaf wordt doorstroomd met water van 32,2°, vertoont de instroomsnelheid nauwelijks veranderingen. Zij is dan bovendien gemiddeld veel lager, tot 0,1 cc. per 10 cc. vinger per minuut (fig. 44).

d. Plotselinge dalingen van de instroomsnelheid.

Een plotseling, in enkele seconden aflopend afnemen van de vingerdoorstrooming, zien wij bij regelmatige bepalingen op schijnbaar willekeurige momenten optreden. Evenals plotselinge dalingen van het bloedvolume, vinden wij een sterke vermindering van den bloedstroom, wanneer de proefpersoon met een speld wordt geprikt of indien wij hem een druppel koud water op het lichaam laten vallen, aan het schrikken maken, met sigarettenrook aanblazen enz.; kortom alles wat een zekeren rusttoestand verstoort, heeft een plotselinge daling van de instroomsnelheid in den vinger tot gevolg.

Niet altijd echter is de „prikkel” bekend, al weet de oplettende proefpersoon zelf meestal wel, dat hij, b.v. door psychische activiteit, uit zijn min of meer lethargischen toestand ontwaakte. Zeer duidelijk zien wij deze plotselinge dalingen van het toestroomende bloed optreden bij het ontwaken van den ingedommelden proefpersoon. De frequentie van deze soort veranderingen is het, welke grootendeels het beeld van het verloop der instroomsnelheid bij de verschillende proefpersonen zoo wisselend doet zijn. Zoo zien wij, dat deze golven bij sommige proefpersonen (fig. 18) slechts zelden voorkomen (in de afgebeelde figuur in het geheel niet), bij andere proefpersonen daarentegen elk oogenblik (fig. 17). In de laatste figuur is de daling 40 sec. en 1 min. 40 sec. na het begin van het experiment een typisch voorbeeld van de hier be-

doelde afnamen van de instroomsnelheid. De eerste daling is het gevolg van een pijnprikkel. Deze is alleen werkzaam, indien de „prikkel” ook werkelijk een „prikkel”karakter heeft, d.w.z. onvoorzien, onverwachts is, een insult is.

Het bleek mij, dat het oppersen van het stuwbandje om den vinger, wanneer dit onverwachts zooals in den aanvang van het experiment gebeurt, frequent aanleiding is tot een plotselinge daling van den bloedstroom. Het is alsof met den onderzochte ook de circulatie schrikt, ineenkrimpt. Deze „schrikreactie” verdwijnt, wanneer de stuwingen regelmatig worden herhaald, telkens met 6" of 10" interval. In hoofdstuk I wees ik dan ook reeds op de noodzakelijkheid de bloedstroombepalingen regelmatig, echter met niet te groote pauzen, te doen geschieden. Hetzelfde geldt ten aanzien van geluidprikkel. Het onverwachts ritselen van een blad papier kan vaak reeds voldoende zijn voor een scherpe daling van den bloedstroom, terwijl het regelmatige geluid van een motor geen enkel storend effect heeft. Ten aanzien van koudeprikkel is b.v. de rug veel „gevoeliger” dan de vinger. Een kortdurende warmteprikkel (b.v. water van 60°) geeft eveneens vasoconstrictie in den vinger! Een van mijn proefpersonen kon met vrij groote nauwkeurigheid aangeven, wanneer de circulatie in zijn onderzochten vinger plotseling afnam. Meestal gaf hij een aandachtschommeling op dat moment aan.

BURTON ⁽¹¹⁾ beschrijft eveneens hoe plotseling als gevolg van schrik, pijn enz. polsgrootte en volume dalen. Daar hij de grootte van den volumepols als maat voor de instroomsnelheid in den vinger neemt, hetgeen bij benadering juist is, beschrijft hij dus eigenlijk de hier bedoelde instroomsnelheidsdaling. Steeds is, zooals een nauwkeurige analyse leerde, de daling van de instroomsnelheid van het bloed sneller dan het daarop volgende herstel. De latentie (d.w.z. de tijd tusschen den prikkel en het begin van de inflowdaling) is niet precies op te geven. In den regel is deze zeer kort, van 2—4 sec. Ook de daling van de inflow is binnen 2 à 4 sec. afgelopen, dus reeds voordat het volume, dat, zooals wij in het vorige hoofdstuk zagen, op deze prikkels eveneens een plotselinge daling vertoont, het minimum heeft bereikt. De hersteltijd van de stroomsnelheid is verschillend lang. Summatie van prikkels kon ik niet waarnemen, d.w.z. door het geven van meer dan één prikkel achtereen werd het effect niet sterker. Deze kwestie is moeilijk te beoordeelen, omdat de reacties op gelijk sterke prikkels zeer verschillend zijn. Het is dus niet te beoordeelen, hoe sterk het effect

geweest zou zijn, indien men één in plaats van meerdere pijnprikkels geeft. Wel kan door een gedurende eenigen tijd volgehouden serie prikkels, de instroomsnelheid gedurende b.v. eenige minuten klein worden gehouden. Voor de meeste prikkels treedt echter al spoedig een soort gewenning bij den proefpersoon op; de prikkel verliest het insultatieve karakter, is dus feitelijk geen prikkel meer in den juisten zin van dat woord. De vraag rijst of het mogelijk is gedurende geruimen tijd, b.v. 15 min. of nog langer, de instroomsnelheid laag te houden. Dit kan inderdaad, echter niet met de door mij gebruikte prikkels. Wel kan men door koude langdurige daling van den bloedstroom veroorzaken. Zoo kon door indompelen van de beenen van den proefpersoon in koud water van $\pm 16^\circ$, steeds een acute, groote daling van den bloedstroom in den vinger worden verkregen, welke tot 30 min. en langer aan kan houden (zie fig. 29).

Dat psychische invloeden gedurende geruimen tijd een daling van de gemiddelde instroomsnelheid veroorzaken kunnen, bewijst fig. 27. Gedurende het eerste gedeelte van dit experiment was de instroomsnelheid veel lager dan te verwachten was. Het bleek, dat de proefpersoon door omzien met gespannen aandacht het experiment volgde. Op het verzoek dit na te laten steeg de instroomsnelheid.

e. Verandering der instroomsnelheid door een diepe ademhaling of zucht.

Evenals een willekeurige of onwillekeurige diepe ademhaling het *volume* van den vinger snel doet dalen, zoo treedt ook een zeer sterke daling in de *snelheid* van den bloedstroom in den vinger op. Bij het regelmatig om de 6—10 sec. bepalen van den bloedstroom, viel het mij op, dat er onverwachte sterke dalingen voorkwamen, zoo sterk zelfs, dat de circulatie vrijwel stilstond. Het bleek al spoedig bij het gelijktijdig registreeren der ademhaling, dat deze dalingen met een diepe ademhaling samenvielen, waarbij het van geen invloed was, of deze zucht al dan niet willekeurig tot stand kwam.

Om het juiste verloop van deze afname van de instrooming te bepalen, is de directe bepaling van de instroomsnelheid tijdens een diepe respiratiebeweging noodzakelijk. Men kan n.l. niet, zooals BURTON deed, uit de afname van het vingervolume en het kleiner worden van den volumepols de grootte der „inflow” veranderingen afleiden. Hoewel er een zeker verband bestaat, veranderen bloed-

stroom en bloedvulling volgens mijn proeven niet evenredig en gelijktijdig.

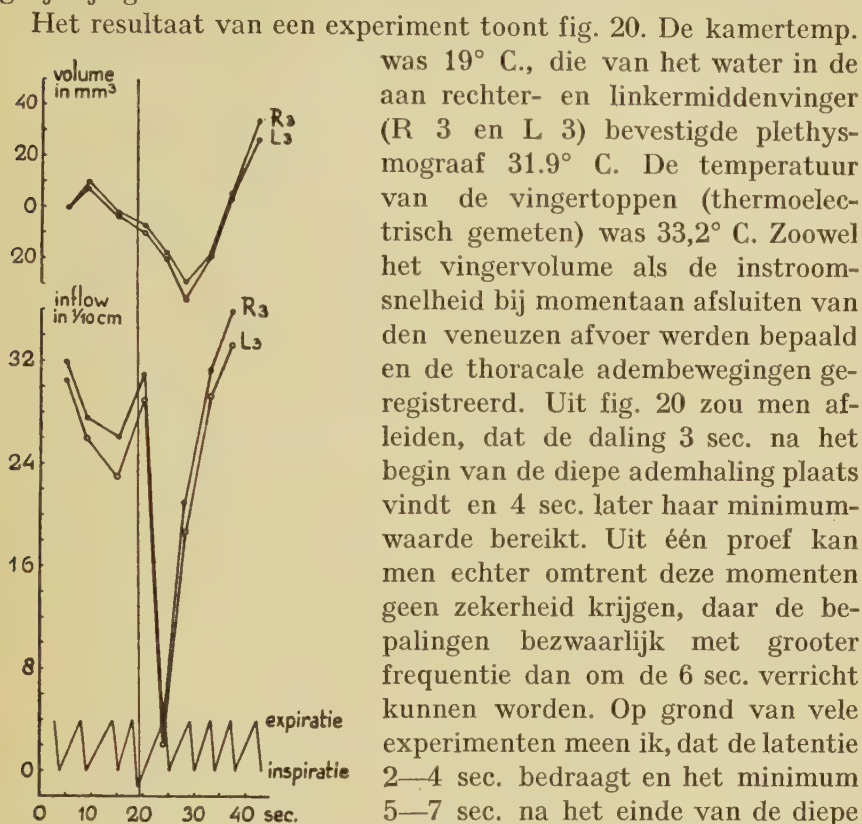


Fig. 20.

in wisselende tijdsperioden. Indien men onderstelt, dat de daling van den bloedstroom, evenals die van de bloedvulling, op een reflectorisch opgewekte vasoconstrictie berust, zou men voor een bepaling van de latentie ook het prikkelmoment dienen te weten. Dit is echter niet bekend.

Tijdens experimenten gedurende welke de plethysmograaf doorstroomd werd met water van 10° en lager bleek, dat van een daling van de instroomsnelheid als gevolg van een diepe ademhaling niets meer te zien was, alhoewel de inflow even hoog was als onder de hierboven beschreven proeven. Dat experiment is m.i. bewijzend voor de meening, dat de daling c.q. het stoppen van de circulatie, het gevolg is van een *vasoconstrictie* in dien vinger en niet van een mechanische oorzaak.

f. Grootte van de instroomsnelheid in den vinger.

De strooming van het bloed verandert zelfs onder standaardcondities zoo onregelmatig frequent en sterk, dat het geen zin heeft een gemiddelde waarde over een tijdsperiode te berekenen.

Beter is het de grenzen aan te geven, binnen welke de bloedstroom varieert. Wij vonden bij proeven onder standaardcondities als onderste grens 4—6 cc. per 10 cc. vingervolume en per minuut. Na een diepe ademhaling, soms ook na een prikkel, daalde de circulatie tot nul, terwijl bij sterke verwarming van den proefpersoon — reeds een plaatsen van de beenen in water van 40—45° was voldoende — de maximale doorstrooming tot 15 cc. kon stijgen. Opgemerkt moet echter worden, dat bij deze hooge „inflow”-waarden de berekening minder nauwkeurig is en dat een fout van minstens 20% wordt gemaakt. Het maximum, door BURTON⁽¹¹⁾ gevonden is 9 cc. per 10 cc. vinger per min., in proeven, waarbij ook de beenen in een warm water bad van 44° werden gehouden. Volgens BURTON schommelt de instroomsnelheid van het bloed echter slechts 30% van zijn gemiddelde waarde. In mijn experimenten waren deze schommelingen meestal groter (fig. 17), zelden kleiner (fig. 18).

Opvallend is in den regel de groote gelijkheid van den bloedstroom in verschillende vingers van dezelfde, doch ook van rechter en linker hand. Deze gelijkheid bevreemdt, indien men bedenkt, dat de verhouding der sterk doorstroomde weeke deelen tot het beenweefsel in verschillende vingers niet gelijk zal zijn. Bovendien zou men rekening moeten houden met de circulatie in het been zelf. SODEMANN⁽⁸⁰⁾ heeft door X-photo's en gipsafdrukken de hoeveelheid weeke deelen in de door hem onderzochte vingers berekend. Het schijnt mij echter onnoodig om de circulatie weer te geven per cc. weeke deelen, daar de verschillende vingers, zooals bij mijn proeven bleek, volkomen gelijke uitkomsten leveren.

Wel is er verschil tusschen de 2e en 3e phalanx, zooals uit de veel grootere massa weeke deelen in de eindphalanx te verwachten is. Ook zou de grootere circulatie in het eindlid van den vinger in verband gebracht kunnen worden met het in groot aantal voorkomen van arterio-veneuze anastomosen, juist in de laatste phalanx van den vinger.

Werd in een plethysmograaf alleen de 3e phalanx ingesloten en in een andere de 3e en 2e phalanx van een anderen vinger, dan vond ik bij dezen laatsten den bloedtoevoer slechts $\frac{1}{4}$ grooter.

Na afsnoeren van de 3e phalanx met een elastiek nam de instroomsnelheid van het bloed met $\frac{3}{4}$ af.

Ook op andere, zij het minder nauwkeurige wijze, n.l. door meting van de huidtemperatuur, kan men het verschil in doorstrooming van den vingertop en de rest van den vinger aantoonen. Tijdens een eenigen tijd durende toename van de instroomsnelheid steeg de temperatuur van den vingertop sneller, hetgeen ook door WILKINS, DOUPE en NEWMAN (⁹⁴) werd waargenomen.

g. De instroomsnelheid bij verschillende temperaturen van het water in de plethysmograaf.

Wilden wij den invloed van de temperatuur van de directe omgeving van den vinger op den bloedstroom in dien vinger nagaan, dan moest een andere vinger als vergelijk worden gebruikt. Immers de opvallende synchronie en gelijkheid in grootte van alle veranderingen in de vingers geeft ons het recht te veronderstellen, dat afwijkingen van die gelijkheid toegeschreven moeten worden aan verschillende locale omstandigheden, waarin de vingers verkeerden, in dit geval de verschillende temperaturen in de plethysmograaf. Wij mogen dit onderéén voorbehoud veronderstellen, n.l. dat b.v. de lagere temperatuur van het water om één vinger niet reflectorisch een invloed heeft op de circulatie in een anderen vinger van rechter en linker hand. Het is mij echter in geen enkele proef, waarin alleen de twee laatste phalangen van één vinger met water van lagere temperatuur worden doorstroomd, gebleken, dat zich een langere, dan enkele seconden durende vasoconstrictorische invloed op de andere vingers deed gelden. Deze kortdurende vasoconstrictie in andere vingers is een reactie op een kouden prikkel en behoort dus tot de circulatieveranderingen, die onder *d* in dit hoofdstuk werden beschreven.

Voor een langdurende reflectorische beïnvloeding van de circulatie in de niet gekoelde vingers is het noodig een grooter gedeelte van het lichaam af te koelen, bij voorbeeld de beenen. Een voorbeeld hiervan is fig. 29.

Zelfs bij afkoeling van één hand is er van een invloed op de circulatie in de andere hand weinig te bespeuren. Evenmin heeft verwarming van één hand (mits niet boven lichaamstemperatuur) invloed op de circulatie in de andere hand (FREEMAN (²⁵)). Bekend is echter, dat door b.v. een been of den geheelen onderarm af te koelen, wel degelijk een langdurige wijziging van de circulatie in andere extremiteiten mogelijk is.

Het volgende experiment demonstreert den invloed van een temperatuurverschil tusschen 2 vingers. De proefpersoon verkeert in standaardconditie. Aan L 3 en R 3 is een plethysmograaf bevestigd, welke beide met water van 31.9°C . worden doorstroomd. Kamertemperatuur 18°C . Temperatuur handrug R en L 32°C .

In fig. 21 is het eerste gedeelte dezer proef in curve gebracht. Op de ordinaat is de tijd uitgezet in min., op de absis de instroomsnelheid in $1/10\text{ cc. per } 10\text{ cc. vinger, per min.}$ Drie min. na het

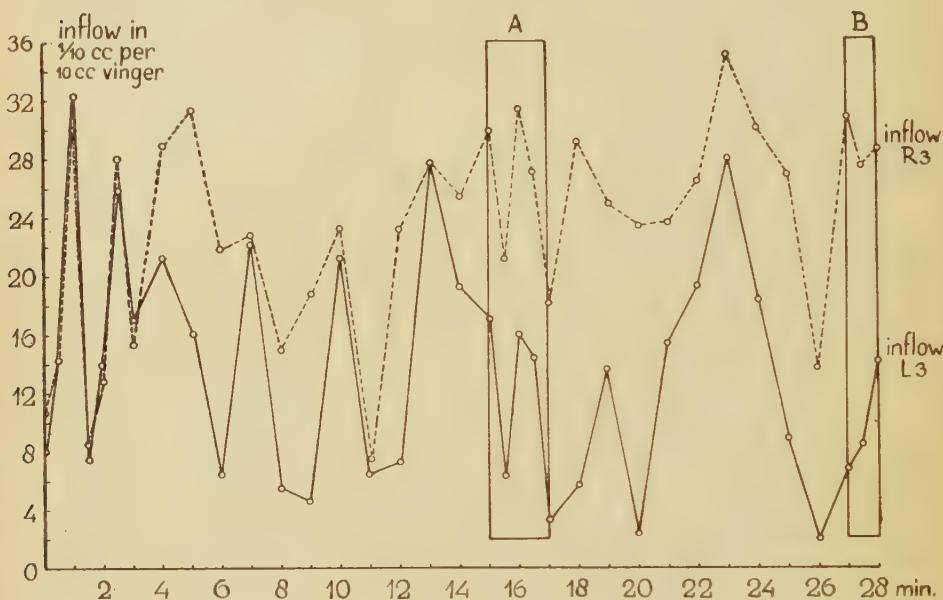
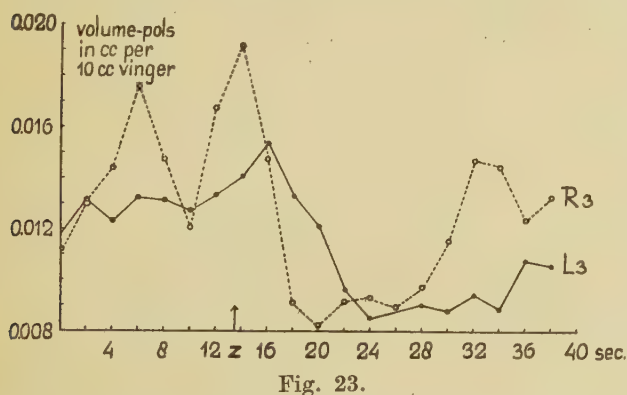


Fig. 21.

begin van het experiment wordt de plethysmograaf aan L 3 plotseling doorstroomd met water van 23.5°C . De andere plethysmograaf (aan R 3) blijft doorstroomd met water van 31.9°C . Te zien is, hoe zich van dit moment af kleine verschillen in de instroomsnelheid van het bloed tusschen R 3 en L 3 voordoen in tegenstelling tot de eerste drie minuten van het experiment. In het algemeen is de instroomsnelheid in L 3 kleiner geworden. De indruk bestaat echter, dat in het algemeen alle veranderingen zoowel in R 3 als ook in L 3 plaats vinden. Om dit nauwkeurig na te gaan werd gedurende de perioden A en B elke 10 sec. een bepaling in R 3 en L 3 gedaan. Fig. 22 is het resultaat hiervan. De verschillen in „inflow” in R 3 en L 3 blijken nu grooter te zijn

Figure 1 consists of two line graphs. The left graph shows the time course of R3 and L3 inflows over 120 seconds. The y-axis is labeled 'inflow in % cc per 10 cc vinger' and ranges from 0 to 28. The x-axis is labeled 'sec.' and ranges from 0 to 120. The R3 inflow (open circles) starts at approximately 28% at 0 seconds, drops to about 23% at 10 seconds, and then fluctuates between 20% and 28% until 120 seconds. The L3 inflow (filled circles) starts at approximately 17% at 0 seconds, drops to about 14% at 10 seconds, and then fluctuates between 4% and 16% until 120 seconds. The right graph shows the time course of R3 and L3 inflows over 60 seconds. The y-axis is labeled 'inflow R3' and ranges from 0 to 28. The x-axis is labeled 'sec.' and ranges from 0 to 60. The R3 inflow (open circles) starts at approximately 28% at 0 seconds, drops to about 23% at 10 seconds, and then fluctuates between 20% and 28% until 60 seconds. The L3 inflow (filled circles) starts at approximately 17% at 0 seconds, drops to about 14% at 10 seconds, and then fluctuates between 4% and 16% until 60 seconds.

kon worden geregistreerd. Wanneer wij de grootte van den volumepols als maat voor de instroomsnelheid van het bloed nemen (naar



en L3 weer na een diepe ademhaling (bij z) waarbij zooals in de vorige proef, L 3 tot op 23,5° C. gekoeld is. Duidelijk is te zien, hoe

er verschillen in de grootte der volumepolsen bestaan en ook, hoe het herstel na de daling in de volumepolsgrootte in R 3 sneller plaats vindt. Uit deze fig. blijkt dus eveneens, dat een vast verschil in tijd, waarin veranderingen in grootte van den volumepols optreden, niet is op te geven. Het is echter steeds ongeveer 1—3 sec. Het lijkt mij wel vast te staan, dat in den gekoelden vinger de instroomsnelheidsveranderingen kleiner zijn en boven-

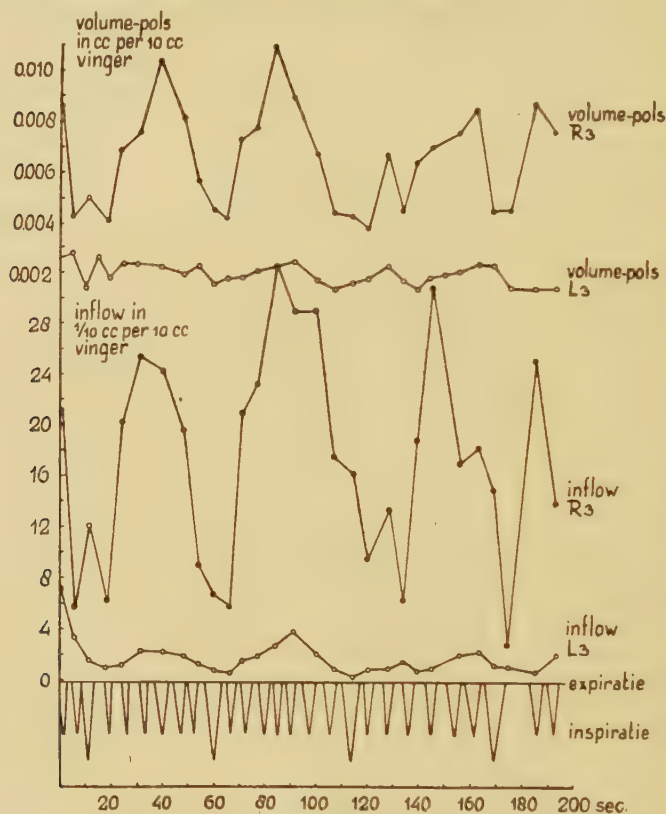


Fig. 24.

dien later optreden en zich langzamer en later herstellen. Grooter worden de verschillen in „inflow” tusschen R 3 en L 3, naarmate de temperatuur van het water in de beide plethysmografen meer gaat verschillen. Bij een temperatuur van het water van 20—21° is er in den regel weinig meer van de zoo opvallende synchronie en quantitatieve gelijkheid van de „inflow” veranderingen in R 3 en L 3 te bespeuren.

Fig. 24 geeft een beeld van de verhoudingen, wanneer de plethys-

mograaf aan L 3, welke eerst op een temp. van $31,9^{\circ}\text{C}$. was gehouden, wordt doorstroomd met water van $18,5^{\circ}\text{C}$., terwijl die aan R 3 doorstroomd blijft met water van $31,9^{\circ}\text{C}$. Het is alsof de circulatie in L 3 geheel onafhankelijk van die in R 3 is geworden. Een duidelijke vasoconstrictie op de, medegeregistreerde, diepe ademhalingen bestaat niet.

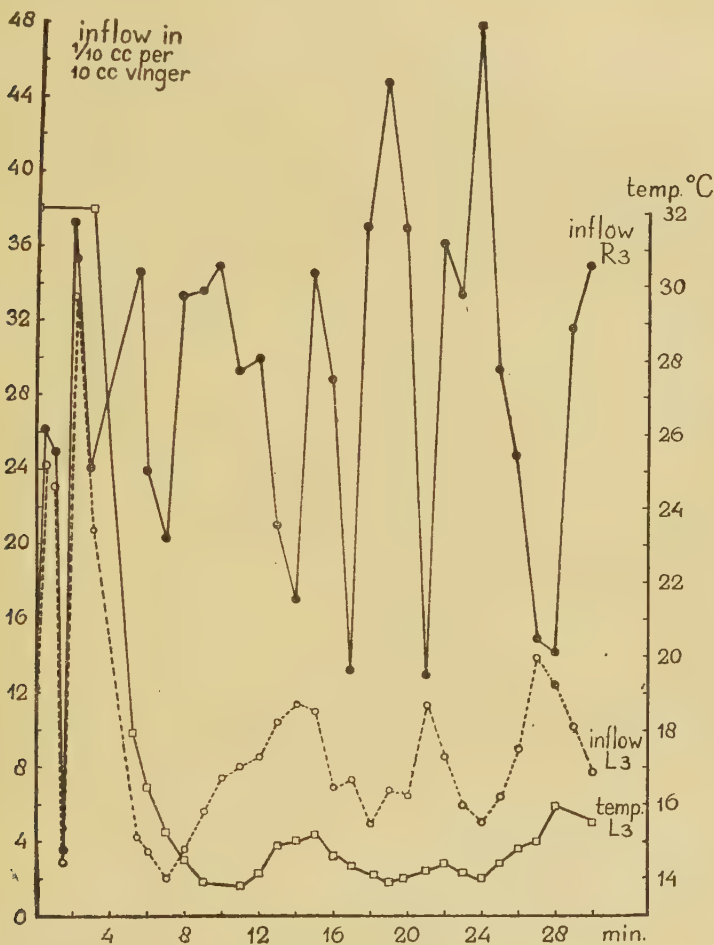


Fig. 25.

Wordt de temperatuur van het water in de plethysmograaf aan L 3 nóg lager gekozen, dan doen zich weinig veranderingen meer voor. De fluctuaties van de instroomsnelheid, welke er bij $18,5^{\circ}\text{C}$. nog waren, worden steeds kleiner, de gemiddelde „inflow” kan nog iets dalen tot minimaal ongeveer 0,1 cc. per 10 cc. vinger per min.

Gekomen bij een temperatuur van het water in de plethysmograaf om L 3 van $13,5^{\circ}\text{C}$., deed zich echter een merkwaardig verschijnsel voor (fig. 25). Zooals altijd werd de proef begonnen met het doorstroomen van beide plethysmografen met water van $31,9^{\circ}\text{C}$. De instroomsnelheid is onder die omstandigheden in R 3 en L 3 wel iets verschillend, verandert echter in beide steeds in denzelfden zin. Na 3 min. wordt L 3 gekoeld tot $13,5^{\circ}\text{C}$. De instroomsnelheid daalt snel, om echter spoedig weer te stijgen tot een waarde van bijna 1,2 cc., welke bij hogere temperaturen (tot 18°C .) nimmer werd bereikt. Het verloop van de instroomsnelheid is verder uit de figuur te lezen. De doorstroombingsveranderingen in L 3 en R 3 vertoonen niet de minste overeenkomst. De temperatuur, gemeten aan den top van L 3 (palmaire zijde) gaat met de instroomsnelheid op en neer. Wij maken hier kennis met een geheel nieuw verschijnsel, n.l. een periodiek toe- en afnemen van de instroomsnelheid in een sterk afgekoelden vinger. Deze golven blijken bij nog verdere afkoeling van den vinger, b.v. tot 5° , grooter, echter minder frequent te worden.

De instroomsnelheid van het bloed kan zelfs in den tot 5° gekoelden vinger zoo stijgen, dat waarden gelijk, soms hooger dan die in den anderen niet gekoelden vinger worden bereikt (zie fig. 27). De temperatuurgrens, waarbij dit verschijnsel optreedt, is bij verschillende personen niet gelijk. De hoogste temperatuur, waarbij ik het kon vaststellen, was 16°C .

Dit onderwerp zal in hoofdstuk IV uitvoerig worden besproken.

HOOFDSTUK IV.

REACTIE VAN DEN VINGER OP PLAATSELIJKE STERKE AFKOELING.

I. INLEIDING.

Nadat in het vorige hoofdstuk is besproken, in welke mate de circulatie in den vinger door matige plaatselijke temperatuurvariaties verandert, zal in dit hoofdstuk de invloed worden onderzocht, welken temperaturen beneden 15° op den vinger hebben. In fig. 25 zagen wij reeds hoe door afkoeling van den vinger tot $13,5^{\circ}$ C. de circulatie in dien vinger na een aanvankelijke daling weer toenam.

Een ieder heeft wel eens opgemerkt hoe de vinger, na zekeren tijd door water, sneeuw of ijs afgekoeld te zijn, vrij heftig pijn gaat doen, om kort daarna behagelijk warm te worden, de koude ten spijt.

Het paradoxaal klinkende feit, dat door de vingers te koelen, deze warm kunnen worden, wettigt op zich zelf een nader onderzoek.

KROGH ⁽⁵⁰⁾ vraagt zich af, hoe het mogelijk is, dat de zwemvliezen van arctische vogels niet bevriezen, terwijl toch de warmtecapaciteit dier vliezen uiterst gering moet zijn en de voorwaarden voor bevrozing door het groote oppervlak zeer gunstig zijn. Hij suggereert dan ook een onderzoek naar de mogelijke afweermechanismen tegen locale afkoeling der zwemvliezen. GRANT, BLAND ⁽³³⁾ vinden bij de kip en de eend, dat bij dompeling van een poot in water van $0-3^{\circ}$ de teenen, resp. zwemvliezen dier vogels snel afkoelen om na zekeren tijd, hoewel omgeven door koud water, snel weer in temperatuur toe te nemen (tot 14°). Na verloop van tijd (eenige minuten) daalt de temperatuur van den poot weer, en zoo vervolgens. Zij brengen deze bevindingen in verband met de o.a. door SCHUMACHER ⁽⁷⁵⁾ in de teenen van talrijke vogels gevonden arterio-veneuze anastomosen. Anatomische onderzoekingen van GRANT ⁽³⁶⁾ bevestigen deze vondsten.

In het konijnenoor werd een analoog verschijnsel vastgesteld door GRANT ⁽³⁵⁾, terwijl LEWIS ⁽⁵²⁾ een geheel gelijksoortige temperatuurreactie op locale afkoeling in den vinger, bij den mensch vond. GRANT en BLAND ⁽³³⁾ vonden, dat ook de teen,

voetzool, thenar, en hypothenar bij sterke afkoeling met een temperatuurstijging reageeren, welke tijdens of na de afkoeling optrad.

Bovendien stelden zij vast, dat die lichaamsdeelen, waarin de meeste arterio-veneuze anastomosen voorkomen, het duidelijkste de reactie op locale afkoeling vertoonen. GRANT stelt dan ook de arterio-veneuze anastomosen in den vinger in hoofdzaak voor de zoo merkwaardige reactie op afkoeling van een vinger verantwoordelijk. De afkoeling van den vinger beneden een zekere temperatuur gaat volgens LEWIS met pijn, welke onder den nagel het heftigst is, gepaard. Is eenmaal de temperatuur van den vinger aan het toenemen, dan verdwijnt die pijn snel. Wordt de proef voortgezet, dan wisselen, evenals bij de kip, temperatuurstijgingen en -dalingen elkander soms regelmatig, soms onregelmatig af.

Door temperatuurmetingen heeft LEWIS in den vinger het bestaan van een reactie op afkoeling bevestigd, welke de meeste menschen uit ervaring kennen. Onder visschers is het zelfs gebruikelijk in den winter, bij den aanvang van hun werkzaamheden, hun vingers eenigen tijd in het koude water te houden, om zoo-doende het optreden der reactieve circulatietoename te bespoedigen. Tevens bestaat de ervaring, dat het soms zeer moeilijk kan zijn de vingers bij koud weer voldoende warm te krijgen. Dit is o.a. afhankelijk van een voldoende bescherming van het geheele lichaam tegen afkoeling, zooals allen weten, die gedurende langen tijd bij koud weer buiten zijn.

Niet minder is het bekend, dat er groote individuele verschillen bestaan in de mate, waarin de vingers aan een koude omgeving weerstand kunnen bieden. Zoo hebben sommige menschen bij niet zeer lage temperaturen veel last van koude handen en voeten, welke zich, zoolang ze in de buitenlucht zijn, niet weer herstellen.

Het lag niet alleen in de lijn van dit onderzoek het gedrag der vingercirculatie in water van lagere temperatuur dan 15° na te gaan, maar het hierboven opgemerkte wettigde ook een nauwkeurig onderzoek van de reactie van den vinger op plaatselijke, sterke afkoeling.

II. METHODE TER BESTUDEERING VAN DE REACTIE VAN DEN VINGER OP STERKE AFKOELING.

Daar de vingertemperatuur tenslotte slechts een begeleid verschijnsel van de eigenlijke circulatieverhoudingen is, was het aangewezen met de door ons beschreven apparatuur behalve de

temperatuur, ook volumeverandering, polsgrootte en tenslotte de instroomsnelheid, vóór en tijdens de reactie op locale afkoeling, te bepalen. Bovendien hoopten wij met deze methode iets meer te weten te komen over het mechanisme der reactie.

Vooraf dient te worden gezegd, dat zich enkele technische moeilijkheden voordeden, waarvan de belangrijkste de volgende was. Om den onderzochten vinger te koelen moet een met water gevulde plethysmograaf worden gebruikt.

Immers een met lucht gevulde plethysmograaf is niet bruikbaar, omdat, al wordt ook de mantel der plethysmograaf doorstroomd met water van een temperatuur tot welke wij den vinger willen afkoelen, de warmtecapaciteit en het warmte geleidend vermogen van lucht zoo gering zijn, dat zich al spoedig een laagje lucht om den vinger vormt van gelijke temperatuur als die vinger.

Bovendien zijn volumemetingen met een lucht gevulde plethysmograaf niet betrouwbaar, vooral niet bij groote veranderingen in de warmteafgifte (circulatieverandering). Immers dan ontstaan schijnbare volumeveranderingen door de uitzetting (inkrimping) van lucht bij verwarming (afkoeling) door verhoogde (verminderde) circulatie. Een plethysmograaf met watervulling was dus noodzakelijk.

Een tweede moeilijkheid was, dat, indien werd begonnen met een temperatuur van het water in de plethysmograaf van 32° , zooals in de meeste proeven het geval was, de afkoeling van dat water tot b.v. 5° , 6 min. doorstrooming van den mantel der plethysmograaf met water van 5° vereischte. Nu treedt bij dergelijke lage temperaturen van het water de reactie in den afgekoelden vinger reeds zeer spoedig, soms reeds na 4—5 min. op, dus terwijl de temperatuur van het water in de plethysmograaf nog niet op het uiteindelijke niveau was gebracht. Om de temperatuur in de plethysmograaf nu snel te kunnen veranderen, werd aan die plethysmograaf de volgende constructie aangebracht (fig. 26).

Door den bodem der plethysmograaf is bij *a* een verloopstukje aangebracht, dat aansluit op het aan beide einden afgesloten half cirkelvormige buisje *b* (in de figuur op doorsnede geteekend), dat op den bodem der plethysmograaf tegen den binnenwand aanligt. Vlak bij de einden van *b* zijn 2 platte buisjes (diameter 1 mm., breedte 6 mm.) gesoldeerd, welke aan één zijde in *b* uitmonden en waarvan het andere einde naar boven toe met het lumen der plethysmograaf communiceert tot dicht onder den bovenrand der plethysmograaf. Door middel van een driewegkraan *c* is de ruimte in de

plethysmograaf in verbinding te brengen óf met het nivelleervat *d* en dus met het registratiesysteem, óf met het buisje *e*, dat in verbinding staat met de afvoerbuis van het water, dat den mantel der plethysmograaf doorstroomt.

Op het moment nu, dat wij de temperatuur in de plethysmograaf wenschen te verlagen, wordt door het omdraaien van de hoekkraan

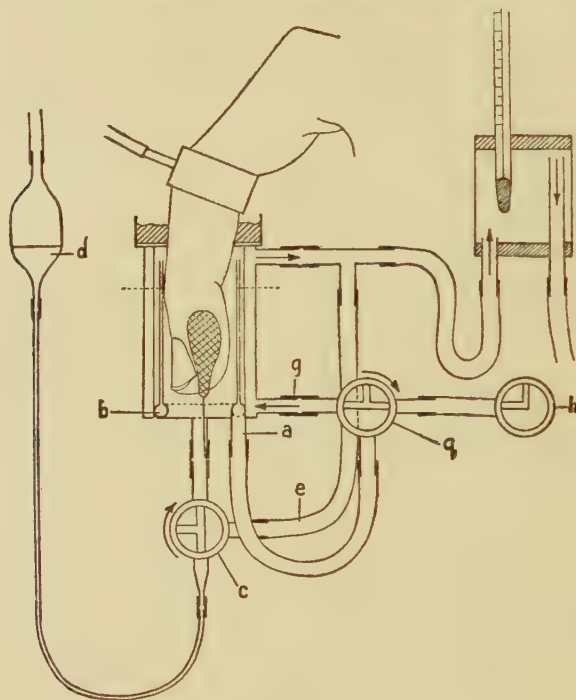


Fig. 26.

h de toevoerbuis in verbinding gebracht met een thermostaat, waarin water van de gewenschte temperatuur is. Vervolgens worden de kranen *c* en *q* 90° in de richting, welke in de figuur met een pijl is aangegeven, gedraaid. Het water, dat anders door den mantel stroomt, circuleert nu door het inwendige der plethysmograaf. In slechts enkele seconden is nu het inwendige op een temperatuur gebracht, welke slechts enkele tienden graden boven die van het water in de thermostaat ligt. Na 1 à 2 min. draaien wij de kranen *q* en *c* weer 90° terug. Nu wordt alleen de mantel doorstroomd en wel zoodanig, dat de temperatuur in de plethysmograaf, zooals uit modelproeven bleek, praktisch niet meer stijgt door de warmte, welke de vinger afgeeft. De temperatuur van het water, dat den

mantel van de plethysmograaf doorstroomt, wordt gemeten door dit water, alvorens het naar de thermostaat terugstroomt, door een glazen vaatje te laten circuleeren, waarin een thermometer is aangebracht.

De temperatuurmeting van den vingertop en van het water dicht bij den vinger geschiedt thermoëlectrisch naar de methode in hoofdstuk I beschreven. Op deze wijze kan worden gecontroleerd of er niet om den vinger heen een laagje water ontstaat, welke belangrijk hogere temperatuur heeft dan de temperatuur van het water in de rest van de plethysmograaf.

Het is voorts belangrijk, onder welke omstandigheden de proefpersoon verkeert. Dit zal uit latere experimenten nog duidelijk blijken. Uitgegaan werd ook nu weer van een toestand, waarin de onderzochte zich „behagelijk” warm gevoelt. De proefpersoon is in de gebruikelijke houding, met los omgeslagen deken, op een stoel gezeten, de handen op harthoogte, om de polsen en handrug van beide handen polsmofjes geschoven (fig. 2). De kamertemperatuur is bij elke proef vermeld. Om een eventueele afkoeling van andere vingers, welke tegen de buitenzijde van de gekoelde plethysmograaf aanliggen, te voorkomen, werd tusschen deze vingers en de plethysmograaf een isoleerend stukje vilt bevestigd. Voor het overige zijn alle proefomstandigheden geheel gelijk aan de in de vorige hoofdstukken geschetste.

III. RESULTATEN.

a. Invloed van afkoeling van den vinger op de instroomsnelheid.

Een voorbeeld van de reactie, welke de gekoelde vinger vertoont, levert de volgende proef.

Experiment. Fig. 27 is het resultaat van een proef, waarbij de linker middenvinger (L 3) werd afgekoeld tot 5° . Beide handen waren goed warm, de temperatuur van den linker handrug was 33.1° . In fig. 27 zijn weergegeven de „inflow” (instroomsnelheid) in L 3; het volume van L 3 en de temperatuur, gemeten op twee plaatsen aan den vinger, n.l. volair aan de laatste phalanx, en dorsaal aan de middelste phalanx. De instroomwaarden zijn omgerekend op 1/10 cc. per 10 cc. vinger per min. De volumeveranderingen zijn eveneens berekend op 10 cc. vingervolume en uitgedrukt in mm^3 . Op de ordinaat is de tijd in minuten aangegeven. Kamertemperatuur 20.3° . De aan L 3 bevestigde plethys-

mograaf werd eerst doorstroomd met water van 30.2°. Nadat de onderzochte 20 min. tijd heeft gehad om tot rust te komen, en zich aan te passen, werd gedurende 4 min. elke 20 sec. een bepaling van de instroomsnelheid gedaan om een indruk van de gemiddelde instroomsnelheid bij het begin der proef te krijgen. Zij vertoont

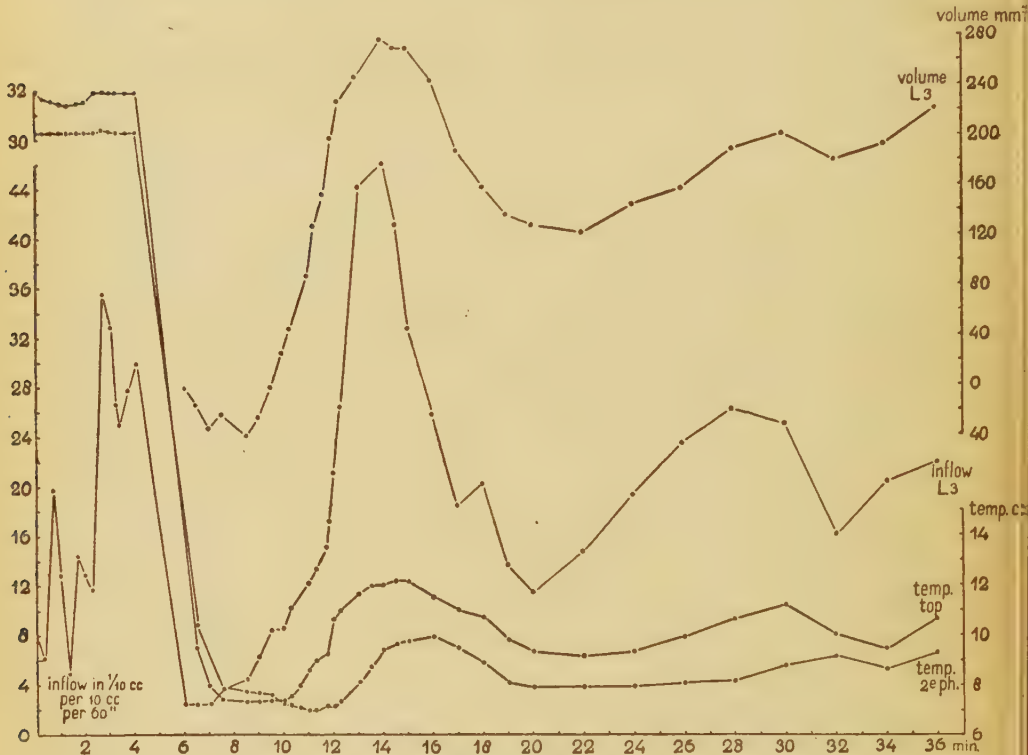


Fig. 27.

gedurende deze 4 min. de schommelingen, welke vroeger besproken zijn.

Opvallend is, dat gedurende de eerste 2½ min. de gemiddelde stroomsnelheid kleiner is dan gedurende de daarop volgende 1½ min., gedurende welke de plethysmograaf toch ook met water van 30.2° werd doorstroomd. De oorzaak was, dat de onderzochte, welke belang stelde in het verloop der proef, gedurende dien tijd poogde het bewegen van de lichtbeelden op de cameraspleet te volgen.

Na de 4e minuut werd het *lumen* van de plethysmograaf van

4.30—5.30 min. met water van 5° doorstroomd, daarna stroomde water van 5° slechts door den mantel. Zooals uit de figuur blijkt, is de instroomsnelheid in dezen korten tijd reeds tot een minimum gedaald, n.l. tot 0.244 cc. (in fig. 27 bij 6 min.). De temperatuur van den vinger is dan door de betrekkelijk groote warmtecapaciteit van den vinger nog niet tot haar minimum gedaald. Ook het vingervolume is nog dalende. Reeds na 7 min. begint de instroomsnelheid te stijgen, eerst langzaam en dan steeds sneller, tot zij een waarde bereikt van 4.6 cc. per min., een waarde veel hooger dan die, toen de vinger nog met water van 30.2° werd omspoeld. Zéér opvallend is het, dat, niet alleen tijdens de lage instroomwaarden, maar ook gedurende de daarop volgende sterke stijging, geen schommelingen van de instroomsnelheid voorkomen.

Moge de gereproduceerde figuur een zeer mooi voorbeeld zijn van dit vaak vastgestelde feit, toch kunnen kleine inflowschommelingen tijdens de stijging (frequenter na de stijging) voorkomen (zie fig. 29).

Nadat het maximum is bereikt, neemt de vingercirculatie, zooals ook uit de figuur blijkt, in den regel spoedig weer af, zonder echter de minimumwaarde, die in het begin der koeling bestond, te bereiken. Direct na de daling (bij 20 min.) begint een tweede minder sterke stijging, die haar maximum bij 28 min. bereikt, waarop een hernieuwde daling tot bij 32 min. voortduurt en waarna een derde geringe stijging begint.

Hoe lang de elkaar afwisselende circulatie-toe- en afnamen kunnen voortduren, is een vraagstuk op zichzelf, dat niet verder werd nagegaan, omdat een te lang voortzetten van het experiment op te groote praktische bezwaren stuit.

LEWIS (⁵²) reproduceert een curve, waarin hij gedurende 2 uur temperatuurschommelingen van den gekoelden vinger elkander ziet opvolgen onder, met de hier beschreven experimenten, vergelijkbare voorwaarden.

Hoewel de reactie van de vingercirculatie op afkoeling steeds weer naar hetzelfde schema verloopt, zijn toch de resultaten van verschillende, doch verder identieke experimenten, bij denzelfden proefpersoon verschillend.

Op grond van onze proeven kunnen de volgende opmerkingen worden gemaakt.

In het algemeen ligt het minimum, waartoe de circulatie daalt na afkoeling altijd om de 0.1—0.2 cc. per 10 cc. vinger, per minuut. De tijd, die verloopt tusschen het bereiken van dit minimum en het

daaropvolgende toenemen der circulatie, varieert eveneens sterk. Het schijnt echter, dat, naarmate de vinger sterker wordt afgekoeld, dit tijdsverschil kleiner is. Is eenmaal de circulatie toenemende, dan doet zij dat met progressieve snelheid, bij uitzondering onderbroken door een minder sterke toename, een gelijk blijven of zelfs een geringe afname der circulatie.

De hoogte, waartoe de stroomsnelheid in den vinger tijdens de afkoeling stijgt, is eveneens zeer verschillend. In den regel is — zooals ook in het gegeven voorbeeld — de eerste stijging gedurende de eerste reactie grooter dan de daarop volgende. In het algemeen wekt het den indruk, dat de stijging grooter is naarmate de vinger sterker wordt afgekoeld. Dit is misschien een verklaring voor het feit, dat de 2e toename van de instroomsnelheid, zooals ook in fig. 27 is te zien, minder groot is, omdat aan het begin daarvan de temperatuur van den vinger ook hooger is (2°) dan aan het begin der eerste inflow toe- en afname. Steeds echter zien wij grootere of kleinere wisselingen in de „inflow” elkander afwisselen.

Ook de duur van de opeenvolgende reacties kan in dezelfde proef zeer verschillen. In de gereproduceerde figuur zijn zij nagenoeg aan elkander gelijk, n.l. 13 en 12 min.

De navolgende tabel (pag. 99) toont de onmogelijkheid om vaste waarden op te geven voor de latentie (den tijd tusschen het begin van de afkoeling en het begin der toename van de instroomsnelheid) en den duur der reactie in den gekoelden vinger. Evenmin zijn vaste waarden aan te geven voor de sterkte van de temperatuurstijging na afkoeling van den vinger tot een zekere temperatuur. Toch is de latentie van de reactie in den regel enkele minuten (1—4), slechts zelden grooter dan 6 min.

Samenvattende blijkt, dat bij normale jonge mensen, welke in een behagelijk warmen toestand verkeerden, een vinger, welke door water van een temp., lager dan 10° wordt gekoeld, zonder uitzondering op die afkoeling reageert met een aanvankelijke sterke afname der circulatie, welke na korteren of langeren tijd wordt gevolgd door een toename. Wanneer een zeker, in elke proef verschillend, maximum is bereikt, daalt de instroomsnelheid tot een niveau, dat meestal hooger is dan dat, kort na het begin van de afkoeling. De reactie herhaalt zich bij doorgaande afkoeling. De reactie is in den regel des te duidelijker naarmate de afkoeling sterker is. Naast de verandering in den bloedstroom doen zich in den tot 10° of lager gekoelden vinger ook veranderingen van het volume voor welke wij thans zullen bespreken.

Numer	Proefpersoon	Leeftijd	Kamertemperatuur	Temperatuur naburige vinger, bij begin proef	Temperatuur in plethysmograaf	Grootste temperatuur stijging	Latentie van de reactie	Duur van begin der reactie tot maximum	Totale duur van de reactie	Opmerkingen Temperaturen in Co. Tijden in minuten
1.	S. P.	29	18	30.3	16	0.2	3	2	3	Proef niet voortgezet tot einde van de reactie.
2.	S. P.	29	18.5	31.4	13.5	1.4	4	10	12	
3.	H. J. B.	23	18.3	32.4	13.2	0.4	4	3	6	
4.	J. W. F. K.	26	18.8	31	10.—	4.2	16	5	17	
5.	H. H. A.	25	18.5	32.5	10.—	4.8	4	10	23	
6.	P. E. R.	28	18.0	33.—	7.8	4.2	4	9	—	
7.	J. W. F. K.	26	18.4	32.2	7.5	9.2	3	7	13	
8	S. D.	20	17.8	—	7.5	6.5	4	12	22	
9.	H. H. A.	25	18.0	33	7.0	5.3	3	6	13	
10.	J. T. A.	34	18.3	32.2	7.0	7.6	2	6	20	
11.	P. E. R.	28	18.0	33.0	7.0	6.8	9	10	22	
12.	J. W. F. K.	26	18.0	32.0	6.5	11.0	6	8	12	
13.	P. E. R.	28	17.8	31.—	6.0	Geen reactie; slechts volume neemt toe, aan de arm, waaraan gebruikte vinger, schotwonde gehad. Lang in gips gezeten, aan einde van de proef naburige vinger 18° C.				
14.	H. H. A.	25	18.—	33.—	6.0	8	3	9	16	Beenen tijdens de proef in koud water. Proefpersoon tevoren sterk afgekoeld in koud water
15.	J. T. A.	34	18.—	32.8	6.0	1.5	2	5.5	10	
16.	J. W. F. K.	26	13.5	16.0	3.5	0.8	13	9	—	
17.	H. J. B.	23	18.0	30	3.5	6.0	5	9	13	Proefpersoon afgekoeld in koude kamer.
18.	H. H. A.	25	13.2	15.4	6.0	3.0	8	20	32	
19.	J. W. F. K.	26	18.0	31.0	2.0	9.0	1	6.5	12	
20.	J. v. d. H.	27	18	30	0.8	9.0	0.8	2	5	Onderzochte vinger subjectief sens. stoornissen na n. radialis laesie.
21.	J. V.	25	16.9	20.9	0.8	6.0	16	5	21	Pleuritis t.b.c. gehad.

b. Het vingervolume onder invloed van afkoeling van den vinger.

Het is een ervaringsfeit, dat afkoeling van de hand, en van den vinger in het bijzonder, deze in volume doet afnemen. Het in koel water houden van den warmen vinger, waarvan een ring om een of andere reden moet worden afgedaan, is dan ook een bekend hulpmiddel. In proeven, voorafgaande aan het hier beschreven onderzoek, werd de afkoeling tot stand gebracht door het met koud water doorstroomen van den plethysmograafmantel alleen. Het duurt dan ongeveer 6 min. eer het water in de plethysmograaf zelf de temperatuur van het water in den mantel heeft aangenomen. Gedurende dien tijd en ook nog daarna neemt het vingervolume snel af, en wel meer, naarmate de temperatuur in de plethysmograaf lager is. Het is technisch zeer moeilijk deze daling van het volume te registreeren, wanneer het lumen van de plethysmograaf met koud water wordt doorstroomd. Dit is dan ook niet geschied.

Eenigen tijd, nadat de afkoeling van den vinger is begonnen, begint het, tot een minimum gedaalde vingervolume, te stijgen tot een zeker maximum om daarna weer te dalen, toe te nemen enz. Dit geschiedt geheel analoog aan de elkander opeenvolgende toegenomen en afnamen van de instroomsnelheid, welke werden besproken. Het is opvallend, dat het volume — evenmin als de instroomsnelheid — na de eerste toename (1e reactie) zelden daalt tot de minimumwaarde bij het begin der afkoeling. Zooals de grootte der inflowtoename bij afkoeling varieert, zoo wisselt ook de grootte van de volumeverandering, dus van de bloedvulling.

In het algemeen kan worden gezegd, dat een grooter bloedstroomtoename met een grooter toename van de bloedvulling gepaard gaat. Dit blijkt onder anderen uit fig. 27.

De volumetoename tijdens de reactie van den vinger op afkoeling kan zeer groot zijn, zooals uit fig. 32 blijkt, waar het vingervolume met 600 mm³ is toegenomen. Gewoonlijk is de volumetoename echter niet veel grooter dan 200 à 300 mm³ per 10 cc. vinger volume. Wanneer na afkoeling van den vinger de instroomsnelheid gedurende eenigen tijd hoog blijft, neemt ook het volume niet af, voordat de stroomsnelheid afneemt.

c. Temperatuur van den vinger tijdens afkoeling.

Zooals reeds werd medegedeeld, vond LEWIS, dat afkoeling van den vinger van den normalen, niet te kouden proefpersoon, na eenigen tijd een temperatuurstijging in dien vinger veroorzaakt.

Deze bevinding heb ik kunnen bevestigen. Met eenige latentie neemt in figuur 27 de thermoëlectrisch gemeten temperatuur zoowel van de palmaire zijde van de 3e phalanx van L 3, als ook van de dorsale zijde der 2e phalanx van dienzelfden vinger toe. Uit de figuur blijkt echter, hoe de groote, elkaar snel opvolgende instroomschommelingen gedurende de eerste 4 min. van de proef niet met meetbare temperatuurveranderingen gepaard gaan.

Dit bewijst reeds, dat de trager reageerende temperatuur de bloedstroomveranderingen niet onmiddellijk volgt. Wel vindt de gemiddelde lagere instroomsnelheid (in fig. 27) gedurende de eerste $2\frac{1}{2}$ min. zijn uitdrukking in een iets lagere temperatuur van den vingertop. De temperatuur van de dorsale zijde van de 2de phalanx reageert echter niet op deze tijdelijk lagere instroomwaarde. Tevens is de temperatuur daar iets lager (1.8°) dan aan den vingertop, hoewel toch beide meetplaatsen in hetzelfde water hangen.

Dezelfde geringere reactiviteit blijkt uit de temperatuurcurve der beide phalangen gedurende de elkander opvolgende bloedstroom- en volumetoenamen, welke de vinger, nadat de afkoeling tot 5° is begonnen, vertoont. Steeds zijn de temperatuurreacties der 2de phalanx geringer dan die aan den vingertop. Bovendien treden zij op met een grootere latentie. Dit laatste feit bevestigt het resultaat van GRANT en BLAND (³³) bij proeven, waarin de temperatuurreactie van verschillende deelen van den vinger bij indompeling in water van 0° werd nagegaan. Zij brachten de verschillend sterke reactie van top en 1e phalanx in verband met de aanwezigheid van een groot aantal arterio-veneuze anastomosen in den vingertop, en de afwezigheid van die elementen in de dorsale zijde van de 2de phalanx.

In het algemeen is de temperatuur een redelijk goede, zij het dan ook geen quantitatief juiste maatstaf voor de grootte van de reactie van den bloedstroom op de afkoeling van den vinger. Natuurlijk is de huidtemperatuur in de eerste plaats van de warmte-toevoer (instroomsnelheid) en van de warmteafvoer (watertemperatuur) afhankelijk. Zoo zal de instroomsnelheid bij een watertemp. van 0° sterker moeten stijgen om een temperatuurtoename van 2° van den vinger te veroorzaken, dan indien het water 10° is. In vergelijkbare gevallen echter is de temperatuurreactie van den vinger eenige maat voor de reactie van den bloedstroom op locale afkoeling, zooals uit onze experimenten bleek, waarin instroomsnelheid en temperatuur tijdens een reactie op koude werden verge-

leken. Vanzelfsprekend speelt de warmtecapaciteit van den vinger een rol. Door een groote massa van den vinger zal de temperatuur-reactie hierin worden vertraagd.

d. Gewaarwordingen tijdens de reactie van den vinger op afkoeling.

Daar wij hier moeten afgaan, naast objectieve gegevens, op die van den proefpersoon zelf, is het alleen doenlijk hiervoor de proefverslagen van personen, welke in staat zijn hun gevoelens met eenige nauwkeurigheid te omschrijven, te gebruiken.

Spoedig na het begin van de afkoeling ontwikkelt zich een matig sterk pijngevoel, dat in den regel strikt lokaal, en vooral in den top van den vinger wordt aangegeven, in hoofdzaak onder den nagel. In andere gevallen gaat het begin der koeling pas na eenige minuten aan pijn gepaard. Na een aantal minuten wordt die pijn zeer hevig. De onderzochte heeft dikwijls het gevoel, dat de pijn door den vinger heen en zelfs door den arm „trekt”. Het moment, waarop deze pijn het hevigste is, valt altijd samen met het begin der bloedstroomtoename, zij houdt daarna soms langer, soms korter aan, doch is altijd verdwenen, wanneer de reactie haar hoogtepunt heeft bereikt. Het gevoel van koude is verdwenen, zoodra de pijn, welke de bloedstroomtoename voorafgaat, begint.

Het pijngevoel maakt, in den regel tijdens de bloedstroomtoename, plaats voor een gevoel van warmte in den vinger. Dit moment valt vrijwel altijd samen met het moment, dat, ook objectief, de gemeten vingertemperatuur omhoog gaat. Dit gevoel van warmte gaat al spoedig gepaard aan de sensatie van „tintelen”, een sensatie, welke een ieder kent en waarbij in den regel al spoedig het „kloppen” van den vinger wordt gevoeld. Het is zeer opvallend, hoe precies de proefpersoon, die de gelijksoortige proef eenige malen heeft ondergaan, het omkeerpunt der instroomsnelheid, zoowel bij toename als afname, weet aan te geven. Nadat de bloedstroom weer gaat dalen, wordt de vinger in den regel gevoelloos. Het is maar zelden, dat bij een herhaalde toename van den bloedstroom de gevoelens van koude, pijnlijkheid (vooral onder den nagel), heftig tintelen, warmtegevoel en kloppen elkander opnieuw zoo duidelijk opvolgen. Meestal voelt de vinger dan subjectief „dik” aan en is min of meer gevoelloos. Mogelijk is er een soort koude anaesthesie ontstaan. Wel treedt ook bij volgende reacties de pijn onder den nagel steeds op. Naarmate de temperatuur van het water, waarmee de plethysmograaf wordt doorstroomd, lager is, zijn

de gewaarwordingen, zooals die hierboven werden beschreven, duidelijker. In het in fig. 27 afgebeelde experiment was de pijn onder den nagel bij 9 min. zeer heftig en trok door den geheelen arm, zoo erg, dat de onderzochte het gevoel had als moest hij de plethysmograaf afschudden, hetgeen gelukkig bij dat gevoel bleef. Na 11 min. nog pijn, welke nu met typisch „tintelen” van den vinger gepaard ging.

De proefpersoon gaf tevens aan, dat de vinger warmer werd. Het pijngevoel ging nu verdwijnen, zoodat na 14 min. de vinger behagelijk warm aanvoelde. Bovendien werd het pulseeren van den vinger subjectief gevoeld. Na $16\frac{1}{2}$ min. voelde de vinger kouder aan, om bij 20 min. weer licht pijnlijk te zijn. Na 23 min. tintelen in lichte mate, na 24 min. warmer worden en na 31 min. wederom kouder worden van den vinger. Opgemerkt zij nog het volgende:

Het afnemen van den bloedstroom noch het toenemen veroorzaakt op zichzelf pijn. Wanneer b.v. de circulatie in den vinger minimaal is geworden, doordat de beenen van den proefpersoon in koud water ($14-16^{\circ}$) zijn gezet, of doordat hij, slechts in overhemd gekleed, wordt blootgesteld aan een kamertemperatuur van 14 à 15° , terwijl in beide gevallen de plethysmograaf wordt doorstroomd met water van 31° , wordt *geen* pijn gevoeld. Toch is de bloedstroom onder die omstandigheden zeer klein. Gewoonlijk is zij dan niet grooter dan $0.1-0.2$ cc. per 10 cc. vinger per min., waarden, welke van de zelfde grootte-orde zijn als die, welke wij bij afkoeling van den vinger tot b.v. 5° vinden (zie fig. 29 en fig. 30). Het geheel afsluiten van de circulatie in den vinger gedurende b.v. 10 min. veroorzaakt ook geen pijn, vergelijkbaar met de hierboven beschrevene. Evenmin wordt pijn gevoeld in den vinger bij een snelle toename van den bloedstroom in de vingers, b.v. wanneer deze kunstmatig door het dompelen van de beenen in koud water, tot een minimum teruggebracht, snel toeneemt na het dompelen van de beenen in warm water. Het is dus niet aan te nemen, dat de pijn-gewaarwording tijdens de afkoeling van den vinger in koud water, ontstaat door ischaemie (anoxaemie) en evenmin is het waarschijnlijk, dat de pijn tijdens het begin van de reactieve bloedstroomtoename na eenige minuten afkoeling alleen ontstaat door een toename van de instroomsnelheid zelve. Immers indien in den vinger geen ischaemische (anoxaemische) pijn veroorzaakt wordt, wanneer deze bij een temp. van 32° nauwelijks met bloed wordt doorstroomd, zoo zal een ischaemie bij een temp. van den vinger van 5 of 6° , zeker niet de oorzaak van de dan optredende pijn-

gewaarwordingen zijn. In dat laatste geval toch is het zuurstofgebruik van den vinger veel geringer.

BURTON ⁽¹¹⁾ berekent, dat een instroomsnelheid van 0.1 cc. per 10 cc. vinger voldoende is om aan de stofwisselingsbehoefte van den warmen (30°) vinger te voldoen. Bij een vingertemp. van 6° zal een instrooming van 0.1 cc. per min. zeker voldoende zijn om het vingerweefsel van de noodige zuurstof te voorzien. Dat de *volumetoename* van den vinger tijdens de reactie op afkoeling de bedoelde heftige pijn veroorzaakt, is niet waarschijnlijk, want die pijn begint als regel, voordat het volume van den vinger is toegenomen. Bovendien stijgt het vingervolume tijdens afkoeling van den vinger nimmer boven dat van den warmen, rooden vinger, welke b.v. in water van 40° wordt gehouden. Ook bij stuwung van den warmen vinger treedt nimmer de hierboven beschreven pijn op.

In het experiment, dat op pag. 113 (fig. 31) uitvoerig is beschreven, steeg tijdens de afkoeling van den vinger, alleen het volume van den vinger, eenigen tijd nadat de afkoeling was begonnen, echter niet de bloedstroom. Het bleek, dat gedurende de geheele proef de pijn niet verdween, maar in hevigheid soms iets afnam, soms iets toenam. Het typische tintelen trad niet op, en van zelfsprekend evenmin het warmtegevoel in den vinger door toenemenden bloedstroom. Zoo bleef de pijn tijdens dit experiment gedurende 21 min. bestaan en bij een ander experiment (pag. 119 fig. 35) gedurende 36 min. Bij enkele oudere diabetes patienten, welke geen reactie op afkoeling der vingers vertoonden (zie pag. 128), bestond wel degelijk een sterk pijngevoel eenige minuten nadat de afkoeling was begonnen. Ook in die gevallen bleef de pijn bestaan, indien de bloedstroom niet toenam. Daar het is gebleken, dat noch het afnemen of toenemen van den bloedstroom, noch een volumetoename op zich zelf een, met de pijn vergelijkbare gewaarwording veroorzaken, evenmin als een ischaemie, c.q. anoxaemie dit kan doen en daar bovendien die pijn eerst verdwijnt, wanneer de bloedstroom een tijd lang weer voldoende groot is om den vinger te verwarmen, wordt het heel waarschijnlijk, dat door de *afkoeling zelve* de beschreven pijn wordt veroorzaakt (eventueel door de aanwezigheid van een door de afkoeling vrijgekomen weefselproduct (histamine?). Dit laatste houd ik voor het waarschijnlijkste, o.a. op grond van het volgende. Bezien wij fig. 27. Op het hoogtepunt van de reactie, welke de vinger op afkoeling vertoont, bereikt de vinger een temperatuur van 12°. Bij die temperatuur is de vinger dan niet pijnlijk meer. Koelen wij in een ander experiment bij den-

zelfden proefpersoon den vinger tot 12°, dan treden bij die temperatuur dezelfde gewaarwordingen op als bij de proef in fig. 27 en in dezelfde volgorde. Dit bewijst dus dat het niet de temperatuur als zoodanig is, welke de oorzaak is voor het pijngevoel, maar, veel waarschijnlijker, een bij lage temperatuur vrijkomend weefsel-product. Dit product zou dan ook voor de toename van bloedstroom en volume verantwoordelijk kunnen zijn.

Door de toename der circulatie worden deze producten dan weggevoerd, hetgeen weer aanleiding is tot een herhaling van hetzelfde proces.

De hier gegeven verklaring past geheel in het kader van de opvatting, welke LEWIS (⁵²) heeft over het ontstaan der koude hyperaemie. Wij komen hierop later terug.

IV. ONDERZOEK NAAR HET MECHANISME VAN DE REACTIE OP AFKOELING VAN DEN VINGER.

Is de reactie op locale afkoeling van centrale, nerveuze invloeden afhankelijk?

Uit de synchrone en gelijke wisselingen van den bloedstroom in verschillende vingers bij een zelfden proefpersoon bleek de invloed van centraal vasomotore impulsen. Een temperatuurverschil van eenige graden tusschen het water in een rechter en een linker plethysmograaf doet echter reeds belangrijke verschillen in de circulatie ontstaan. Naarmate de temperatuur van het water, waarin de vinger hangt, lager is, wordt de circulatie in dien vinger meer zelfstandig, d.w.z. doet minder mee met de veranderingen in gelijktijdig, bij hogere temperatuur, onderzochte vingers.

Bij het in dit hoofdstuk besproken onderzoek naar de reactie van den vinger op afkoeling tot nog lagere temperatuur dan de in het vorige hoofdstuk gebruikte, rijst de vraag, in hoeverre dan de circulatie in den gekoelden vinger van die in de andere vingers onafhankelijk is geworden. In de tweede plaats is het de vraag, in hoeverre de sterke afkoeling van één vinger invloed op de circulatie van andere vingers heeft. Om een antwoord op deze vragen te verkrijgen, is het noodzakelijk de circulatie in twee vingers van een hand of van r. en l. hand gelijktijdig te onderzoeken, waarbij slechts één der vingers wordt afgekoeld. Voor een goed inzicht dienen verschillende vragen te worden beantwoord, welke hier achtereenvolgens zullen worden behandeld.

a. Wordt de vasoconstrictie bij het begin van de afkoeling (afname van instroomsnelheid en volume) veroorzaakt door de locale afkoeling of ontstaat zij reflectorisch op den kouden prikkel?

In dat laatste geval zou de „reactie” op afkoeling, welke de vinger eenige minuten, nadat de koeling van dien vinger is begonnen, vertoont, slechts het eindigen van een centraal vasoconstrictorischen invloed kunnen zijn. Eerst zal worden nagegaan, of de afkoeling van één vinger een voldoende werkzame koude prikkel is, om niet alleen in den gekoelden, maar ook in andere vingers aan dezelfde of aan de andere hand, een vasoconstrictie te veroorzaken. Door den kouden prikkel aan den gekoelden vinger zou in dat geval een centraal-nerveuze vasoconstrictorische invloed op de circulatie in de andere vingers, en dus ook in den gekoelden vinger kunnen ontstaan.

Het antwoord op deze vraag geeft de proef, waarvan fig. 25 het resultaat toont.

Experiment: Aan rechter en linker middenvinger (R 3 en L 3) is een met water gevulde plethysmograaf bevestigd, waarvan de mantel met water van 31.9° wordt doorstroomd. De temperatuur wordt gemeten aan de volaire zijde van den vingertop van L 3, die afgekoeld wordt. Bovendien wordt de temperatuur van het water in de plethysmograaf, eveneens thermoëlectrisch gecontroleerd. Aan beide vingers kan de instroomsnelheid worden bepaald. Drie minuten na het begin der proef wordt de linker plethysmograaf gedurende 1 minuut met water van 13.5° doorstroomd, daarna circuleert water van die temperatuur slechts door den mantel van de plethysmograaf. In de figuur zijn van boven naar beneden in curve gebracht: de instrooming in R 3 en L 3, en de temperatuur van de palmaire zijde van de laatste phalanx van L 3. Kamertemperatuur 19° . Gedurende de eerste 3 minuten (dus vóór de afkoeling van L 3) zijn de schommelingen in den bloedstroom in R 3 en L 3 geheel synchroon en bijna gelijk in grootte. Onmiddellijk nadat de koeling van L 3 is begonnen, daalt de instroomsnelheid in dien vinger van ± 2.5 cc. tot 0.2 cc.

In den contrôle-vinger R 3 is de circulatie echter toegenomen en wel van 2.4 cc. tot 3.43 cc. Uit het toenemen der instroomsnelheid in R 3 bij een zóó sterke daling der circulatie in L 3, blijkt wel duidelijk, dat die daling niet het gevolg is van een centrale nerveuzen vasoconstrictorischen invloed. Immers dergelijke invloeden zijn in alle vingers (en zelfs in de teenen) in gelijken zin, en synchroon werkzaam en zouden dus ook een afname van den bloedstroom in R 3 hebben veroorzaakt. Het is wel niet aan te nemen, dat een

koude prikkel aan één vinger een vasoconstrictie *alleen* in dien vinger van centraal nerveuzen oorsprong ten gevolge heeft, wij zouden dan immers moeten veronderstellen, dat talloze kleine vaatgebieden afzonderlijk in het ruggemerg vertegenwoordigd zouden zijn. De stijging, die in het begin der curve van fig. 25 bij R 3 te zien is, terwijl de instrooming in L 3 daalt, werd volstrekt niet in alle proeven gevonden. Er is dan ook geen reden te denken, dat wij hier te doen zouden hebben met een bevinding, zooals GRANT ⁽³⁶⁾ die voor het konijnenoor beschrijft. Bij afkoeling van een achterpoot nam hij n.l. vasodilatatie en temperatuurstijging in het oor waar. Een voorbeeld van het afnemen der stroomsnelheid in den niet gekoelden vinger toont fig. 28. De curve is het resultaat van een proef, geheel gelijk aan de voorafgaande, met dit verschil, dat de temp. van het L 3 koelende water nu 8° was. De snelle instroomingsdaling in L 3, nadat deze vinger gedurende 1 min. gekoeld is, vinden wij, zij het iets minder sterk, ook in R 3. Zooals echter uit de figuur blijkt, is in dit geval de afname in R 3 slechts van korten duur. Indien deze afname al mocht worden veroorzaakt door den aan L 3 geapliceerden koudeprikkel, dan blijkt toch duidelijk, hoe kort deze prikkel werkzaam is. Moge het begin der bloedstroomdaling in L 3 dan al in sommige gevallen (zooals wellicht in dit experiment) een gevolg zijn van de locale koeling en van een reflectorischen invloed beide, dan overweegt toch, ook in het verdere verloop, de directe koude-inwerking. Nimmer zagen wij, dat de afkoeling van één vinger een vasoconstrictie van langeren duur (meer dan 1 à 2 min.) in andere vingers veroorzaakte. Blijkbaar is de centrale vasoconstrictorische werking, uitgaande van de afkoeling van één vinger onvoldoende om een centraal nerveuze vasoconstrictie te veroorzaken van een zoodanig langen duur, dat de instroomsnelheid kort na het begin der afkoeling van L 3, in dien vinger laag blijft. Bovendien valt in fig. 28 op, dat juist wanneer de circulatie in L 3 toeneemt (van 8'—10') de circulatie in R 3 gedurende eenigen tijd dalende blijft (en wel met 600% van de aanvankelijke waarde). Ook dit experiment maakt het dus niet aannemelijk, dat de bloedstroomafname in den vinger kort na het begin der afkoeling het gevolg is van een centraal nerveuzen vasoconstrictorischen invloed.

Evenmin bestaat de mogelijkheid, dat de daarop volgende toename van de instrooming wordt veroorzaakt door een centraal nerveuzen vasodilatorischen invloed op L 3 (c.q. het opheffen van daarvóór aanwezigen centraal vasoconstrictorischen invloed), gezien de dan juist afnemende instrooming in R 3, in welken vinger

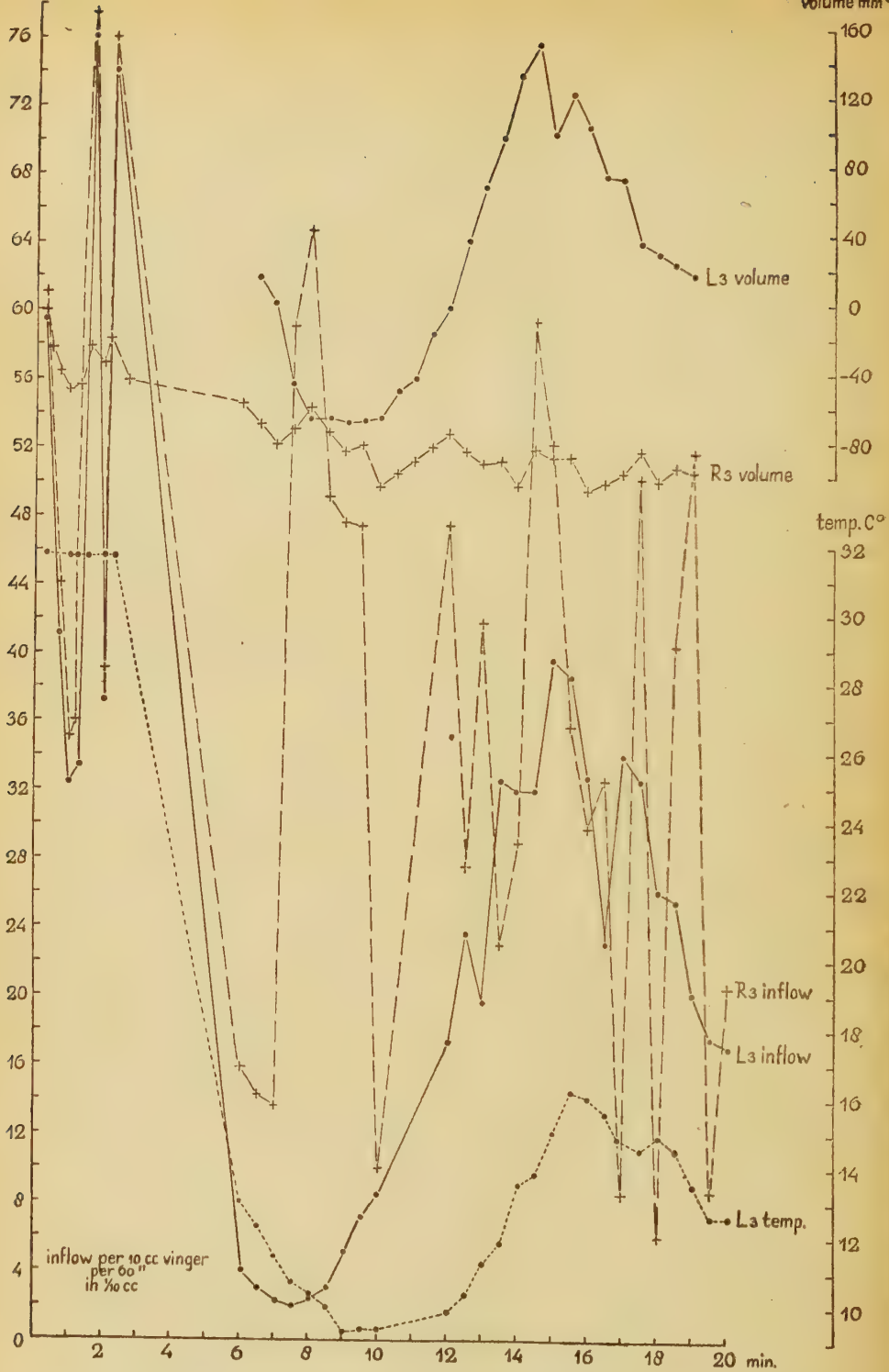


Fig. 28.

deze invloeden toch óók tot uiting zouden moeten komen. Ook de *vasodilatie*, welke de toename van de instrooming gedurende de reactie op afkoeling van den vinger kenmerkt, is dus veroorzaakt door een *locaal proces*. Hierbij laat ik in het midden, of hierbij nerveuze elementen (axon reflex) mogelijk nog een rol spelen.

b. Invloed van centraal nerveuze impulsen op het ontstaan der koudereactie.

Hoewel de bloedstroomafname in een afgekoelden vinger, evenals de navolgende toename, veroorzaakt worden door een *locaal proces*, zoo bestaat toch de mogelijkheid, dat centraal nerveuze vasoconstrictorische of vasodilatorische prikkels op het ontstaan en mogelijk ook op het verloop der koudereactie een invloed kunnen uitoefenen. Een zeer sterke reflectorische vasoconstrictie kan worden verkregen door de beenen van den proefpersoon in koud water van b.v. 16°, dat goed geroerd wordt, te dompelen.

Experiment. Het resultaat van het thans te beschrijven experiment is verwerkt in fig. 29. Begonnen werd met een proefpersoon in standaardconditie, een plethysmograaf aan R 3, doorstroomd met water van 30.9°. Na 9½ min. worden de beenen tot even onder de knie in water van 16° gezet, waarin zij tot het einde der proef blijven. Kamertemp.: 18.5°. De instroomsnelheid, welke in de eerste minuten het gebruikelijke labiele beeld vertoont, daalt snel tot een lage waarde (gemiddeld 0.3 cc. per min.). Dit vasoconstrictorisch effect blijft, zooals uit een aantal voorproeven bleek, bij dezen proefpersoon zoo lang voortduren, als de beenen in koud water staan. Tot 21 min. na het begin der proef blijft de plethysmograaf met water van 30.9° doorstroomd. Daarna wordt de mantel met koud water van 7° doorstroomd. Als gevolg van de locale koude neemt nu de vingercirculatie nog verder af (tot 0.1 cc./min.) om vervolgens de gewone reactie op de afkoeling te vertoonen. Ondanks den sterken, reflectorischen vasoconstrictorischen prikkel is het tot stand komen der gebruikelijke reactie op koude *niet* voorkomen. Een nieuw argument dus voor *de strikt locale ontstaanswijze dezer reactie*.

c. De werkzaamheid van centraal vasoconstrictorische invloeden op het verloop der reactie van den vinger op afkoeling.

Nadat wij hebben gezien, hoe, noch centraal nerveuze invloeden, zooals wij die in het hoofdstuk normale instrooming onder *b*, *c* en *d* bespraken, noch sterkere prikkels (beenen in koud water),

welke bovendien gedurende langen tijd werkzaam zijn, invloed hebben op het *ontstaan* der zoo typische toename van de instrooming in den gekoelden vinger, willen wij thans nagaan in hoeverre dergelijke centraal-nerveuze invloeden de circulatie in den gekoelden vinger *tijdens* de reactie op afkoeling, kunnen veranderen. Daartoe is het noodig de gelijktijdige circulatie in een gekoelden en niet gekoelden vinger bij denzelfden proefpersoon te onderzoeken.

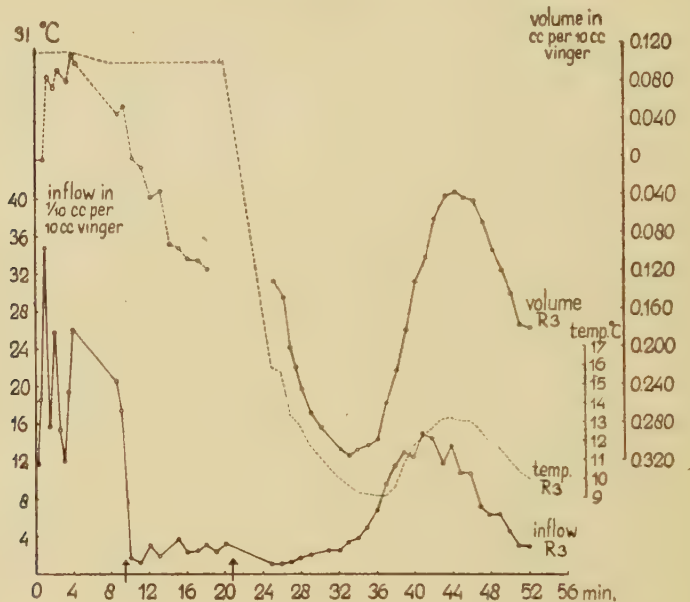


Fig. 29.

Dan blijkt, dat de werkzaamheid van spontane vasomotore golven en van impulsen opgewekt door schrik-, pijn-, temperatuur-, tast-prikkels enz. op de circulatie in den gekoelden vinger, afwezig is.

Daar immers de circulatie in twee vingers, welke respectievelijk met water van 31° en 18.5° worden omstroomd, reeds volledig onafhankelijk blijkt te zijn (fig. 24), behoeft het geen verwondering te wekken, dat dit onder meer extreme omstandigheden ook het geval is. De fig. 28 behoeft in dit opzicht geen toelichting. Uit die fig. blijkt, dat er na de afkoeling van L 3 geen enkele synchronie bestaat tusschen de veranderingen in de circulatie in R 3 en L 3.

In de tweede plaats bleek, dat ook het sterke vasoconstrictorische effect van een diepen zucht op een gekoelden vinger ontbreekt.

In fig. 28 zucht de proefpersoon juist bij $16\frac{1}{2}$ min. twee maal achtereen flink diep. Te zien is, hoe in de daarop volgende halve minuut de circulatie in L 3 toeneemt, m.a.w. hoe er dus niet alleen geen vasomotorisch effect van een diepen zucht op den gekoelden vinger bestaat, maar dat zelfs een mechanisch veroorzaakte circulatie-beïnvloeding in L 3 door een diepen zucht ontbreekt. In R 3 daalt de instrooming op de beide zuchten snel tot 0.8 cc.

In de derde plaats werd een zeer sterk vasomotorisch effect onderzocht, n.l. *het indompelen van de beenen in koud water*. In fig. 30 is het resultaat afgebeeld van het volgende experiment:

Experiment: Aan rechter en linker middenvinger is een plethysmograaf bevestigd. Deze worden beide doorstroomd met water van 31.8° . De rechter blijft met water van die temperatuur doorstroomd tot het einde van het experiment. Drie minuten na het begin van het experiment wordt het water in de linker plethysmograaf op 5.5° gebracht. Na veertien min., wanneer de koude-reactie in L 3 zich duidelijk heeft ontwikkeld, worden de onderbeenen in water van 15° gezet, waarin zij tot het einde der proef blijven. Tegelijk worden gemeten: de instroomsnelheid in R 3 en L 3 en het volume van L 3; temperatuur aan de palmaire zijde van den top van L 3. Kort nadat de afkoeling van L 3 is begonnen, neemt reeds de circulatie in dien vinger eerst langzaam en dan sneller toe tot een maximum, dat zelfs grooter is dan de gemiddelde stroomsnelheid in dien vinger, voordat de afkoeling begon. Het centraal vasomotorisch effect van het plotseling indompelen van de beenen in koud water is te zien aan de snelle en groote bloedstroomdaling in R 3, welke daling zich tot het einde van de proef handhaaft. Vanaf 14 min. is dus een sterke centraal vasomotore prikkel werkzaam, welke op den gekoelden linker middenvinger echter geen invloed uitoefent. Immers vanaf $14\frac{1}{2}$ min., wanneer de daling van de instrooming in R 3 heeft plaats gevonden, stijgt de bloedstroom in L 3 nog door tot $15\frac{1}{2}$ min. Zoo leert dit experiment, dat ook zeer werkzame, langdurige vasoconstrictorische invloeden geen verandering brengen in het verloop der eenmaal in gang zijnde koudereactie van een vinger.

d. Samenvattende is dus wel duidelijk, dat:

1. De bloedstroomafname in den vinger bij het begin der locale afkoeling wordt veroorzaakt door den directen invloed der temperatuur op den vinger en niet reflectorisch.

2. Dat de bloedstroomtoename, nadat de afkoeling van den

vinger eenigen tijd heeft geduurd, veroorzaakt wordt door een *locaal* proces, dat zich in den vinger afspeelt.

3. Dat ook tijdens de reactie van den vinger op koude noch een zeer sterke prikkel (zucht), noch een prikkel (beenen in koud water), die een sterke reflectorische vaatconstrictie in het algemeen veroorzaakt, invloed heeft op het verloop der reactie, welke *geheel afhankelijk blijft van een lokaal proces*.

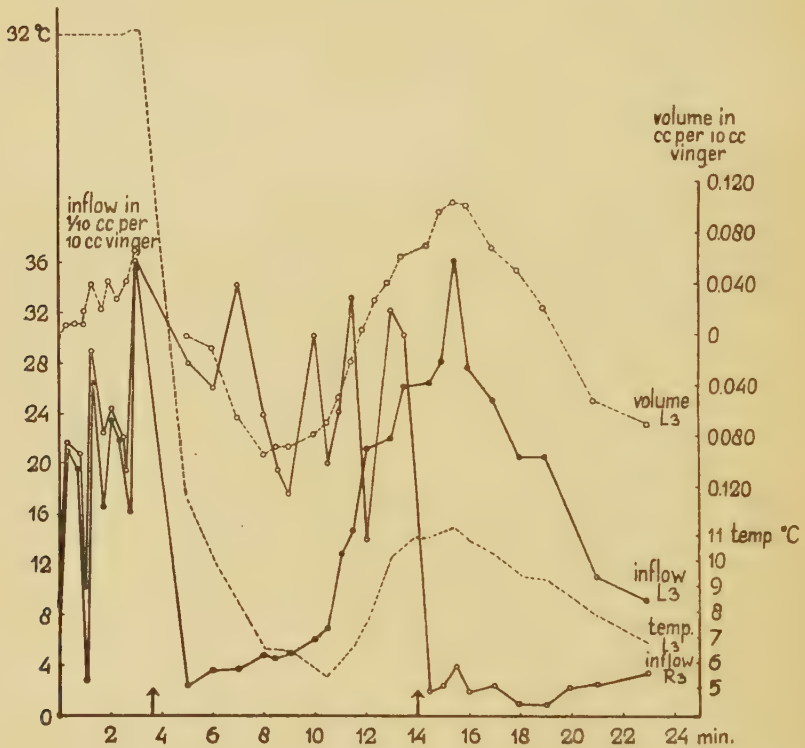


Fig. 30.

4. Zelfs langdurig werkzame, zeer sterke, centraal nerveuze vasoconstrictorische invloeden geven geen zoodanige vaatvernauwing in de grootere vaten proximaal van de plethysmograaf (art. digitales), dat daardoor de grootte van de reactie op afkoeling wordt beïnvloed.

5. De gewaarwordingen (pijn), tijdens de reactie, zoowel als het gedrag der reactie, doen vermoeden, dat het een of ander weefselproduct in den vinger gedurende de afkoeling vrij komt (histamine?).

V. IS DE REACTIE VAN DEN VINGER OP AFKOELING ALTIJD AANWEZIG?

Op grond van het voorafgaande zou men wellicht meenen, dat een afkoeling van den vinger beneden 10° *altijd* een toename van de instrooming en het volume, in het kort de beschreven reactie, veroorzaakt. De tot dusver verrichte proeven zijn echter onder „standaardcondities” van den proefpersoon en bij een kamertemperatuur van $18-20^{\circ}$ gedaan. Hoewel de afkoeling van beide beenen zonder twijfel een sterke reflectorische vasoconstrictie ook in beide handen geeft, blijft toch de vraag open, of er niet nog sterkere centraal-nerveuze vasoconstrictorische invloeden bestaan, welke het optreden van de typische koudereactie in den vinger zouden kunnen verhinderen.

Om drie redenen meende ik deze vraag nader te moeten beantwoorden.

In de eerste plaats leert de ervaring, dat niet altijd in den vinger spoedig na afkoeling in koud water of in de koude buitenlucht, de zoo nuttige reactieve vaatverwijding optreedt en met name vaak uitblijft, wanneer ook de handrug, of de onderarm, of zelfs de geheele proefpersoon zeer koud is.

In de tweede plaats blijkt uit de curven van LEWIS in zijn artikel over het gedrag der temperatuur in sterk afgekoelde vingers, dat hij steeds uitgaat van een vingertemperatuur boven de 28° en dat de temperatuurstijging bij afkoeling in den regel ontbreekt, indien de initiale temperatuur van den vinger beneden 20° is gelegen. Ook vindt hij meestal geen stijging, als de onderzochte in een kamer vertoeft, waarin de temperatuur beneden 17° is. Op de oorzaak van dit verschijnsel gaat hij niet verder in.

Tenslotte was de onmiddellijke aanleiding voor een nader onderzoek het resultaat van het volgende experiment, waarin werd gepoogd een koudereactie op te wekken bij een 28-jarigen proefpersoon bij een kamertemperatuur van 17.8° (fig. 31), onder standaardcondities onderzocht. De linker middenvinger (L 3) is in een met water van 30.8° doorstroomde plethysmograaf gesloten, welke drie min. na het begin van de proef met water van 4.8° wordt doorstroomd. De temperatuur van den linker wijsvingertop is aanvankelijk 32.1° , maar daalt in de 30 min. voor het begin van het eigenlijke experiment tot 20° . Desondanks wordt het experiment toch voortgezet. De temperatuur van L 2 blijft langzaam dalen, totdat in het verloop van het experiment de kamertemperatuur

is bereikt. De instroomsnelheid is in het begin klein (0.4 cc./min.). Op de doorstrooming van de plethysmograaf met water van 5° reageert L 3 aanvankelijk met een bloedstroomafname, welke geleidelijk weer verdwijnt om eerst in de 24e min. een weinig boven de aanvangswaarde te stijgen. Een duidelijke reactie op de afkoeling van L 3 is dus niet aanwezig.

Zeër opvallend is het echter, dat al spoedig na het begin van de afkoeling van L 3, het volume van dien vinger sterk begint toe te nemen. Na 25 min. wordt de volumetoename nog sterker en houdt eerst na de 27e min. op. De temperatuur van L 3 vertoont geen reactieve stijging op afkoeling. Gedurende het geheele experiment werd pijn in den vinger gevoeld. „Tintelen” werd niet waargenomen. Ongeveer 27 min. na het begin van de proef was de pijn iets minder

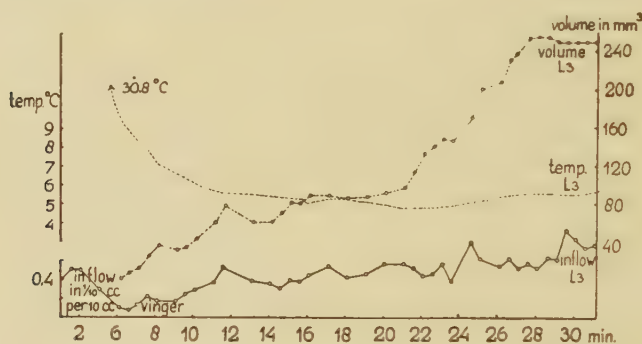


Fig. 31.

hevig. De onderzochte had toen den indruk, dat de vinger iets minder koud was. Toch was toen de temp. slechts 5.5°, dus nog niet 1° gestegen.

Het feit, dat deze proefpersoon geen reactie op afkoeling van den linker middenvinger vertoonde, verwonderde mij ten zeerste, evenzoo, dat de geheele hand gedurende de aan het experiment voorafgaande periode reeds zoo sterk afkoelde, terwijl de rechterhand goed warm was gebleven.

Het was wel vrij zeker, dat hier verband moest bestaan tusschen een 11 maanden geleden schotverwonding in den linkerarm, gevolgd door een gipsbehandeling gedurende 3 maanden, en het afwijkende gedrag der linkerhand en van den onderzochten vinger. In de hand en arm waren de sensibiliteit zoowel als de motiliteit overigens ongestoord. In ieder geval bestond de mogelijkheid, dat de snel afkoelende linkerhand de oorzaak was voor het uitblijven van de reactieve stijging in bloedstroom en temperatuur van L 3.

Deze mogelijkheid moest nader worden onderzocht, ook in verband met de bovengenoemde ervaringen en de proeven van LEWIS.

Omdat in de voorafgaande experimenten steeds werd uitgegaan van den toestand „behagelijk” warm, lag het voor de hand thans te onderzoeken, hoe de vinger zou reageeren van een proefpersoon, die zich „onbehagelijk koud” gevoelt. In dien toestand is het te verwachten, dat, evenals bij den proefpersoon in het vorige experiment, ook de handen zullen afkoelen.

Experiment: (fig. 32). De proefpersoon zit in de gebruikelijke houding, de linkermiddenvinger (L 3) in een plethysmograaf gesloten. Kamertemperatuur: 12.3—13°. Het bovenlichaam van den onderzochte is slechts door een overhemd bedekt, waardoor hij snel afkoelt. Subjectief en ook objectief zijn na 3/4 uur beenen en handen zeer koud. De vingers van beide handen zijn licht cyanotisch. Bij druk op den handrug herstelt de ontstane witte plek zich langzaam. Zij is dan blauwachtig van kleur en niet rood, hetgeen erop wijst, dat de leeggedrukte kleinste vaten zich vanuit den subpapillairen venen-plexus vullen en niet vanuit de voedende arteriën. Was dit het geval, dan zou, in verband met de lage temp. van de huid het oxyhaemoglobine in het arterieele bloed zoo langzaam reduceeren, dat een roode plek te zien zou zijn.

De temp. van L 4 is aan de volaire zijde der 3e phalanx 16.8°. Van tijd tot tijd, gedurende het geheele verloop van het experiment huivert de onderzochte. De plethysmograaf wordt gedurende 45 min., voordat de registratie begint, doorstroomd met water van 13°; gedurende dien tijd treedt geen reactie in L 3 op. Drie minuten na het begin der registratie werd het lumen van de plethysmograaf gedurende 1 min. en daarna de mantel gedurende den verderen duur van het experiment doorstroomd met water van 3°. In fig. 32 zien wij het verloop van het volume en de instroomsnelheid van L 3 (distale 1½ phalanx) en de temperatuur van den vingertop van L 3. Uit de curve blijkt, hoe de instroomsnelheid in L 3 na 45 min. afkoeling in de koude kamer tot een ongekend lage waarde is gedaald, ± 0.04 cc./min. Dit verklaart ook de cyanose. Kort nadat de plethysmograaf doorstroomd wordt met water van 3°, beginnen volume en bloedstroom in L 3 in steeds toenemende mate te stijgen. Vooral de volumetoename is zeer aanzienlijk (600 mm³) en veel grooter dan onder de gebruikelijke proefomstandigheden (warme hand) wordt gevonden. De bloedstroom neemt 75 × toe, tot een waarde van 3 cc. per min. Nadat bloedstroom en volume in de 30^e min. gelijktijdig een maximale waarde

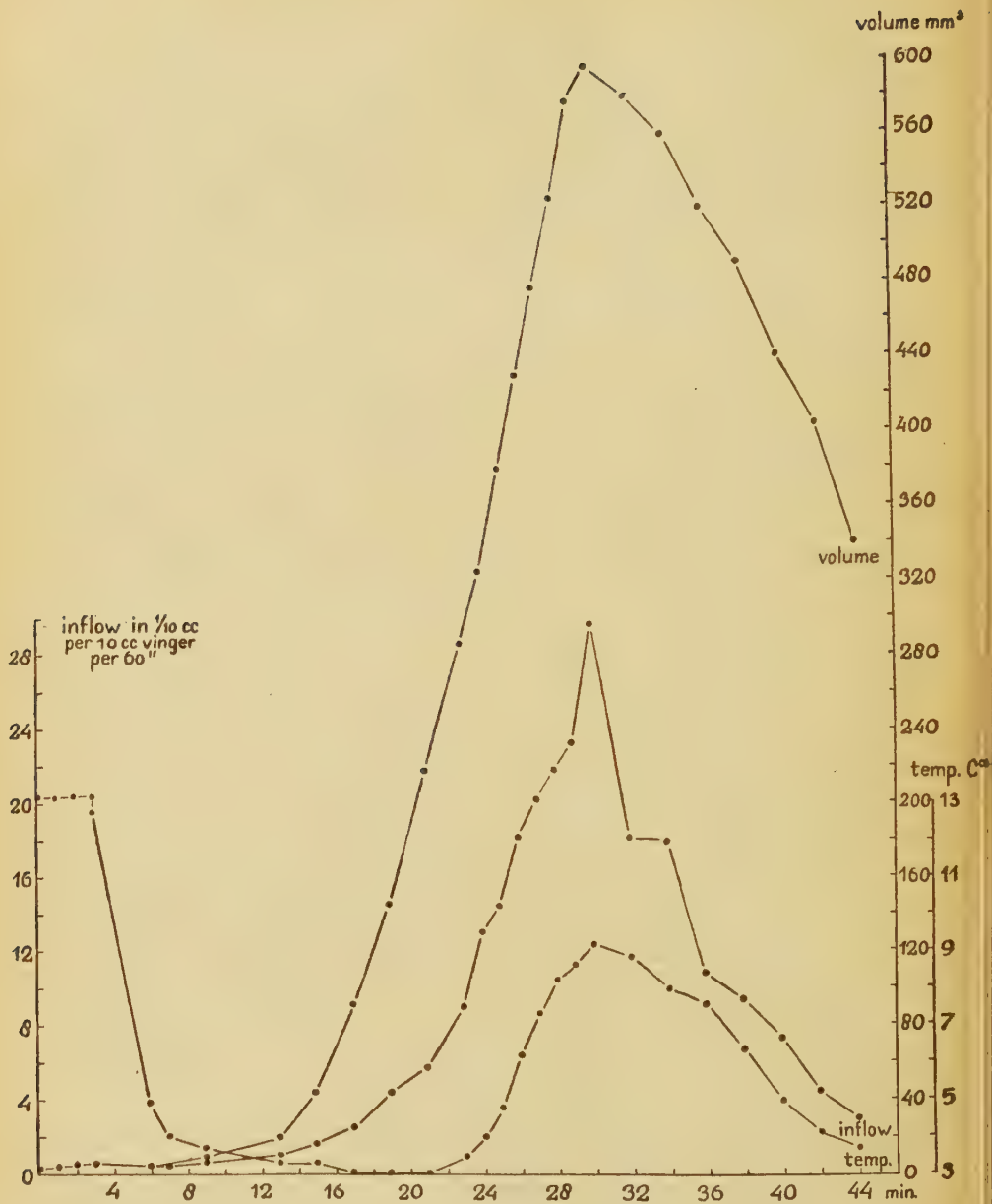


Fig. 32.

bereiken, gaan beide weer dalen. Iets trager, maar niettemin duidelijk, is de reactie van de temp., die tot 9° stijgt. Het resultaat van dit experiment bevestigde *niet* onze onderstelling en de bevinding van LEWIS, dat een reactie op afkoeling van den vinger niet te bereiken is bij een „kouden” proefpersoon.

Daar het zeer wel mogelijk is, dat er individueele verschillen bestaan, werd een soortgelijke proef bij een aantal verschillende proefpersonen herhaald.

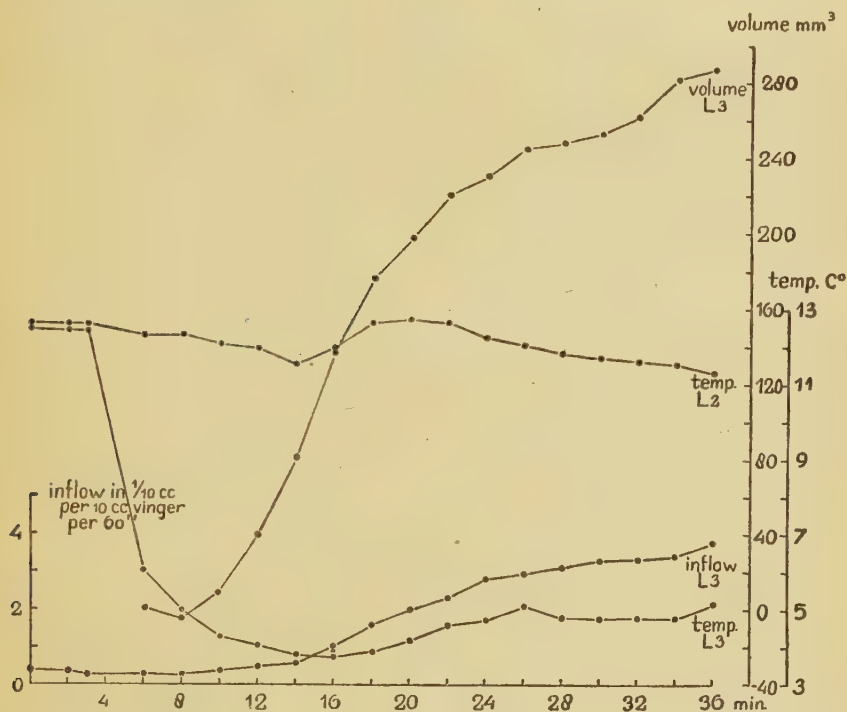


Fig. 33.

Experiment: H. H. (fig. 33) is 28 jaar, goed gezond. Hij heeft in koele omgeving heel spoedig koude, blauwe handen. In warme omgeving (kamertemperatuur 20°) zijn de handen geheel normaal. Er is geen reden hier van acrocyanose te spreken (LEWIS⁽⁵⁵⁾). Hij heeft geen last van „dooide vingers”. De onderzochte vertoonde in voorafgaande experimenten geen bijzonderheden, al moesten steeds speciale voorzorgen worden genomen om afkoeling van de handen (bij een kamertemperatuur van 18 – 20°) te voorkomen. Bij het begin van het experiment waren de vingers en de handrug

licht cyanotisch, terwijl de kamertemp. 12° was en de proefpersoon gedurende $3/4$ uur slechts in overhemd gekleed zat te wachten op het begin van het experiment. De linker middenvinger (L 3) was in een plethysmograaf gesloten, welke werd doorstroomd met water van 12° . Geregistreerd werden weer de „inflow”, het volume van L 3 en de temperatuur van den top van L 2 en L 3. Uit de gereproduceerde curve blijkt, hoe de temperatuur van L 2 in de 45 min., voorafgaande aan het begin van de registratie, vrijwel tot de kamertemperatuur is gedaald. Tot het begin der registratie vertoonden noch L 3 noch L 2 een reactieve circulatietoename op de afkoeling. De instroomsnelheid in L 3 is klein (0.04 cc./min.). Drie minuten na het begin der registratie wordt het lumen van de plethysmograaf gedurende 1 min. en daarna alleen de mantel doorstroomd met water van 3.4° . De bloedstroom in L 3 daalt niet verder, doch begint in de 10^e minuut langzaam toe te nemen, om bij het einde van de proef een waarde van 0.4 cc./min. te bereiken, hetgeen laag is, vergeleken met de reactieve stijging onder standaardcondities. Overeenkomstig de geringe stijging van den bloedstroom is de geringe temperatuurstoename in L 3 (1°).

De volumetoename, die tot het einde der proef voortduurt, daarentegen, is, evenals in de hierboven beschreven proeven, aanzienlijk (280 mm³). De volumetoename verloopt, in tegenstelling tot de geringe en langzame bloedstroomstijging met ongeveer gelijke snelheid als bij een behagelijk warmen proefpersoon. Dit feit wettigt de meening, dat de reactieve toename van den bloedstroom bij afkoeling onafhankelijk is van het meer of minder geopend zijn der capillairen, waardoor immers het volume van den vinger wordt bepaald. Tenslotte is het opmerkelijk, dat de temp. van L 2 in de 14^e min. gelijktijdig met de reactie in L 3 iets toeneemt, om tegen het einde van de proef weer tot 11.2° , de kamertemperatuur, te dalen. Wat de subjectieve gewaarwordingen betreft, blijkt de onderzochte bij $12\frac{1}{2}$ min. (m.a.w. juist aan het begin der aanwezige, maar geringe, reactieve stijging van de instroomsnelheid) het gevoel van pijnlijk tintelen te hebben. Met 20 min. is de vinger nog zeer pijnlijk, wel iets warmer. Met 32 min. doet de vinger, hoewel „dood”, toch veel pijn. De reactie is dus blijkbaar niet voldoende groot om het pijngevoel te doen verdwijnen. De conclusie uit dit experiment is, dat blijkbaar toch het „koud zijn” van den proefpersoon de grootte van de koudereactie van den vinger sterk kan verminderen.

Experiment: Proefpersoon J. W. F. K. (fig. 34), heeft geen op-

vallende last van koude handen. De vinger van dezen persoon reageert onder standaardcondities altijd duidelijk op afkoeling. In dit experiment was de kamertemp. 13° — 14.8° , de plethysmograaf werd eerst doorstroomd met water van 12.3° en later met water van 3.2° . Ook nu weer was de proefpersoon gedurende 45 min. voor het begin van de proef in de koude onderzoekkamer, alleen gekleed in overhemd. In dien tijd koelden beide handruggen af tot

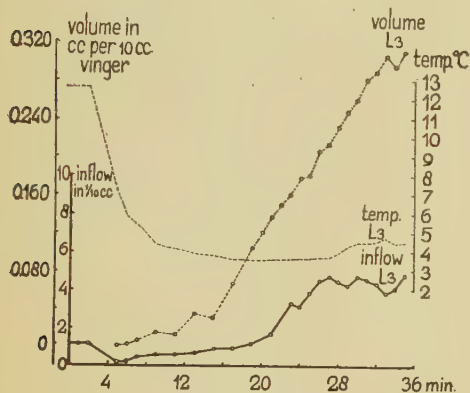


Fig. 34.

16.0° Bij de temperatuur van 12.3° in de plethysmograaf trad *geen* reactie op, hetgeen onder standaardcondities wel geschiedde. Evenals bij den vorigen proefpersoon trad er bij een verdere afkoeling tot 3.2° een *duidelijke*, maar geringe bloedstroomtoename (tot 0.43 cc. in de 30^e min.) op, tegelijk met een sterke volumetoename (n.l. met 320 mm³). Ook de tempe-

ratuur van den vinger stijgt langzaam en gering en is in de 26^e min. 1° hoger geworden.

Dit experiment geeft dus precies hetzelfde resultaat als het vorige. Ook de subjectieve gewaarwordingen waren dezelfde. De reactieve bloedstroomstijging ontbrak bij deze beide personen in koude omgeving niet *geheel*, wel was dit het geval in het volgende experiment met S. J. v. d. B.

Experiment: (zie fig. 35). S. J. v. d. B. is 27 jaar, goed gezond. Hij heeft echter spoedig last van koude, blauwe handen. In bijna alle omstandigheden zijn deze min of meer cyanotisch getint. Slechts in zeer warme omgeving verliezen zij deze kleur. In den winter voelen de vingers wat dik en stijf aan. Ook de handrug is in den regel blauw verkleurd. Vooral bij naar beneden hangende handen is de cyanose in de handen zeer duidelijk. Dit mogen wij zonder twijfel een acrocyanose noemen (vgl. LEWIS, LANDIS (⁵⁵). „Dooide vingers”, of in aanvallen optredende doodheid van de vingers heeft hij alleen bij het zwemmen, ook zomers. De proef verloopt analoog aan de twee voorafgaande experimenten. Na 45 min., alleen gekleed in een overhemd, te hebben gezeten in een kamer van 12° , gedurende welken tijd de proefpersoon zeer koud

is geworden, begint de registratie. Aan het einde dier 45 min. zijn de handen koud geworden, de temperatuur van L 4 is 12° . Deze temperatuur wordt geregistreerd. Ook nu wordt de plethysmograaf in den tijd, aan het eigenlijke experiment voorafgaande, doorstroomd met water van betrekkelijk lage temp. (12°). Zooals uit de fig. 35 blijkt, is de instroomsnelheid na de initiale 45 min. zeer klein, 0.10 cc. Na 5 min. wordt de plethysmograaf doorstroomd met water van 2.8° . Uit de curve blijkt, dat de „inflow” op deze verdere afkoeling niet reageert, noch met een initiale daling, noch met een daarop volgende stijging. Gedurende het geheele verdere proefverloop blijft de bloeddoorstroming praktisch constant (0.1 cc./min.). Ook de temperatuur van den vinger blijft constant

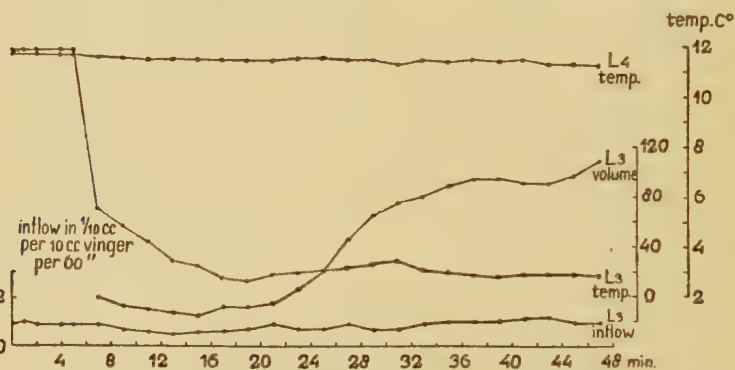


Fig. 35.

laag. De temp. van L 4 ondergaat geen verandering. De geheele linker hand heeft de kamertemp. (12°) aangenomen. De kleur is diep cyanotisch. Opvallend is weer, dat, ondanks het ditmaal geheel uitblijven van een reactie van den bloedstroom op de afkoeling tot 2.8° , wel het volume eenigen tijd na het begin dier koeling begint toe te nemen ($\pm 20^e$ min.). Gedurende de geheele proef voelt de vinger dik aan. Vanaf 8 min. tot het einde toe is de vinger steeds pijnlijk. Bij 25 min. iets minder, bij 30 min. weer zeer pijnlijk. Echt tintelen is niet gevoeld. Dit experiment leert ons, dat, bij bepaalde proefpersonen een reactie van een vinger op afkoeling, niet is op te wekken, wanneer die personen sterk zijn afgekoeld, d.w.z. niet alleen zich zeer koud gevoelen, maar ook koude handen en voeten hebben.

Het resultaat van de bovenstaande experimenten samenvattende, is dus:

1. dat het „koud” zijn van den proefpersoon wel degelijk een invloed heeft op het al of niet optreden van een koudereactie in den vinger.

2. Er zijn duidelijk individueele verschillen aantoonbaar.

3. Om nog een koudereactie in den vinger op te wekken, moet men dezen bij „koude” proefpersonen sterker afkoelen dan onder de standaardcondities, waarbij meestal reeds bij 12° een koude-reactie optreedt.

4. Wanneer er bij koude proefpersonen nog eenige reactie in den vinger na sterke afkoeling optreedt, dan verloopt deze atypisch, want bloedstroom en bloedvulling (volume) nemen na de stijging niet weer af, zooals dit bij standaardconditie regel is.

5. In alle onderzochte gevallen treedt ook in koude omgeving bij sterke afkoeling van een vinger hierin een volumetoe name op, onafhankelijk van een toename van de instroomsnelheid.

VI. OORZAAK VAN

HET SOMS UITBLIJVEN VAN DE REACTIE OP AFKOELING BIJ DEN KOUDEN PROEFPERSOON.

Het is voor een nader begrip van de circulatie in den vinger onder verschillende omstandigheden van veel belang te onderzoeken, wat de oorzaak is van het soms uitblijven of anders verminderen van de reactie op afkoeling van den vinger bij proefpersonen, welke te voren vergaand zijn afgekoeld. Hebben wij in deze gevallen te maken met een abnormaal sterke *centraal vasoconstrictorische* tonus, sterker dan die door het koelen van beide beenen kan worden opgewekt (fig. 29), of ligt de oorzaak in de peripherie, dus in de afkoeling van hand en vinger?

Door een aantal proeven hebben wij getracht deze vraag naar de oorzaak van het uitblijven van een reactie op afkoeling van den vinger bij een „kouden” proefpersoon te beantwoorden. Deze vraag kan in twee deelen worden gesplitst, n.l.:

1. of het uitblijven der reactie berust op verhooging der centrale constrictorentonus van de de hand of de vingers voedende vaten,

2. of zij is te wijten aan den toestand van de vaten in den onderzochten vinger zelf.

Ter beantwoording van de vraag:

In hoeverre centraal vasoconstrictorische invloeden oorzaak zijn voor het niet optreden van een reactie op verdere afkoeling van den

vinger, bij den reeds kouden proefpersoon werden 3 proeven gedaan, waarbij volstaan werd met temperatuurmetingen aan de vingers ter beoordeeling van den bloedstroom.

Experiment: (fig. 36). De proefpersoon wordt, het bovenlichaam alleen bedekt met een overhemd, gemakkelijk neergezet in een kamer van 14° (later 12°). De rechterhand ligt op harthoogte op een aan een statief bevestigd plankje. De linkerhand, eveneens op harthoogte, ligt tot 10 cm proximaal van den pols in een waterbad met een temperatuur van 20°. Aan den top van L 3, L 4, R 3, R 4 zijn thermoëlementen geplakt. Gedurende 45 min. laten wij den proefpersoon rustig zitten. Daarna is de temperatuur van R 4 en R 3 ongeveer op kamertemperatuur (R 4 13.9°, R 3 14.5°, van L 3 en L 4 20° (de temperatuur van het waterbad). Thans wordt de linkerhand voorzichtig afgedroogd. Tezamen met R 3 wordt L 3

met de laatste 1½ phalanx gehangen in een mengsel van ijsgruis en water, dat voor elke temperatuuraflezing wordt geroerd, R 4 en L 4 hangen nu vrij in de lucht. Iedere twee min. wordt de temperatuur van R 3, R 4, L 3 en L 4 afgelezen en in curve gebracht (zie fig. 36). Uit de curve blijkt, dat de temperatuur van L 4 in 26 min. daalt van 20° tot 15.6°. In denzelfden tijd volgt de temperatuur van R 4 die van de kamer, welke inmiddels van 13° tot 12° gedaald is. Het voor-

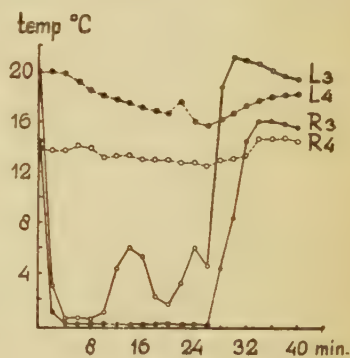


Fig. 36.

naamste resultaat van de proef is, dat L 3, die vooraf op 20° was gebracht, in tegenstelling tot R 3 een volkomen normale koude-reactie vertoont, waarbij blijkens de curve de maximumtemperatuur bij 14 min. optreedt.

In de tweede phase van de reactie van L 3 (bij 26 min.) worden beide vingers L 3 en R 3 uit het ijswater gehaald en voorzichtig afgedroogd en naast L 4, resp. R 4 in de lucht gehouden. Beide vingers zijn nu vuurrood, tot iets boven de grens tot waartoe zij in het ijswater hebben gehangen.

Binnen enkele min. is de temperatuur van L 3 veel meer gestegen dan die van R 3. Deze z.g. „after-reaction” beschrijft ook LEWIS (⁵²). Ook R 3 vertoont eenige „na-reactie”.

Opvallend is, dat de temperatuurstijging in L 3 en R 3 gepaard gaat aan een temperatuurtoename in L 4 en R 4. Dit verschijnsel

is mij in een groot aantal proeven opgevallen, maar is niet altijd aanwezig. Men zou geneigd zijn hier te denken aan een centralen vasodilatorischen invloed op de vaten in L 4 en R 4, misschien veroorzaakt door het warmtegevoel in L 3 en R 3.

Experiment 2: (fig. 37; zelfde proefpersoon van experiment in fig. 35).

Evenals in de vorige proef gedurende 45 min. voorbereiding bij een kamertemperatuur van 15.5° en dunne kleding. Handen bij

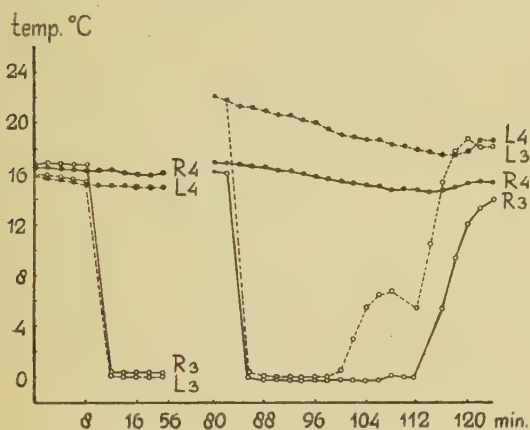


Fig. 37.

het begin reeds koud en licht cyanotisch. Thermoelectrische temperatuurmeting van den top van R3, L3, R4 en L4. Na 8 min. L3 en R3 in ijswater, R4 en L4 hangen vrij in de lucht. De temperatuur van R3 en L3 daalt van $\pm 16^{\circ}$ snel tot de temperatuur van het water. Gedurende 42 min. (tot 56 min. op de curve) wordt de koeling voortgezet, zon-

der dat in één van beide vingers een reactie optreedt. Na de 50^e min. wordt de linkerhand gelegd in een waterbad van 22.2° gedurende 30 min. Nadat die hand uit het waterbad is gehaald en is afgedroogd, is de temperatuur van L4 22.2° , die van R4 is 17.2° , en dus iets gestegen. Vervolgens worden weer de laatste $1\frac{1}{2}$ phalanx van L3 en R3 in water van 0° gedompeld. L3 vertoont nu na 16 min. een duidelijke temp.stijging van 7.2° . De temperatuur van R3 neemt 8 min. later een weinig (0.6°) toe. 112 min. na het begin van de proef worden R3 en L3 uit het koude water gehaald en afgedroogd. Evenals in de vorige proef vertoont L3 een zeer duidelijke „na-reactie”. Ook in deze proef stijgt de temp. van L4 en R4 een weinig, nadat R3 en L3 uit het koude water zijn gehaald.

Experiment 3: (fig. 38) proefpersoon verkeert in standaardconditie (Kamertemperatuur: 18.2°). Bij voorafgaande proeven is gebleken, dat deze persoon dan altijd een normale koudereactie

van den vinger vertoont. De rechterhand en het laatste deel van den onderarm worden gedurende 35 min. in een armbad van $14\frac{1}{2}^{\circ}$ gekoeld. Ondertusschen is de proefpersoon in een deken gewikkeld op een stoel gezeten, de temperatuur van L 3 en L 4 wordt geregistreerd. Na 35 min. worden rechterhand en arm snel afgedroogd en worden ook op R 3 en R 4 thermoëlementjes geplakt, waarna de laatste $1\frac{1}{2}$ phalanx van L 3 en R 3 in ijswater gehangen en de temperatuur van L 3, L 4, R 3 en R 4 geregistreerd wordt. Uit de begintemperatuur van L 3 en L 4 (30.6°) blijkt wel, dat de

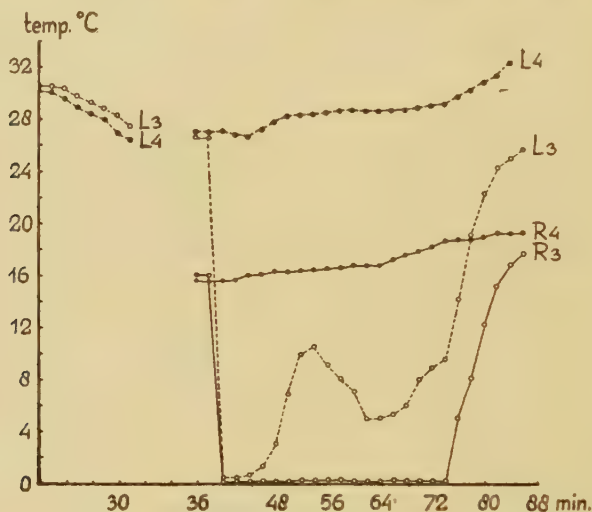


Fig. 38.

proefpersoon goed warm is. Onder invloed van de indompeling van den rechterarm in water van 14.5° ontstaat (evenals na het indompelen van de beenen in koud water), een perifere, algemeene vasoconstrictie, waardoor de temperatuur van de vingers L 3 en L 4 tot $\pm 27^{\circ}$ daalt. Na de indompeling van L 3 en R 3 in ijswater, vertoont alleen L 3 een spoedig beginnende (na 6 min.) reactie op deze verdere afkoeling, R 3 reageert echter niet. Tijdens de eerste phase der 2e reactie worden L 3 en R 3 uit het ijswater gehaald. L 3 vertoont nog een „na-reactie”, d.w.z. een temperatuurstijging tot 7° boven de kamertemperatuur.

Deze 3 experimenten bewijzen, dat de oorzaak van het uitblijven der reactie in een vinger, bij een kouden proefpersoon, *niet* kan worden gezocht in een aanwezige centrale constrictorentonus. De volgende motieven zijn hiervoor aan te voeren:

1. In alle 3 proeven werd — zij het op verschillende wijze — L 3 voor het indompelen in ijswater op een temperatuur van 20—26° gebracht, R 3 op een temperatuur van 14.5—16°. In de 1e en 2e proef werd de lagere temperatuur van R 3 verkregen door den geheelen proefpersoon af te koelen, in de 3e proef door alleen de rechter arm en hand in water van 14.5° te koelen, terwijl de hoogere temperatuur van L 3 in de proef 1 en 2 door het indompelen van de linkerhand in water van 20°, resp. 22° werd veroorzaakt, in de 3e proef door standaardconditie van den proefpersoon.

In alle proeven gemeenschappelijk was er dus een peripheer temperatuurverschil tusschen L 3 en R 3, terwijl de conditie echter van den proefpersoon in de 3e proef geheel anders was dan in de beide eerste. Al zou men dus bijeen „kouden” proefpersoon een sterke centrale constrictorentonus onderstellen als oorzaak voor het uitblijven van een reactie van den vinger op afkoeling, dan is het toch vreemd, dat het uitblijven van de koude reactie in den vooraf op $\pm 15^\circ$ gebrachte R 3 ook bij de standaardconditie, waarbij de onderzochte warm is, even duidelijk te constateeren is.

2. Alle vroegere ervaringen leerden ons, dat een centrale invloed, ook een reflectorisch opgewekte, aan *alle* vingers bemerkbaar is. Indien dus het uitblijven van de reactie in R 3 een centrale oorzaak zou hebben, moest de reactie in L 3 ook afwezig, of althans verminderd zijn. De aanwezigheid van een symmetrisch werkzame centrale tonus (en wel een afname) is in deze proeven aantoonbaar, uit de temp.stijging in L 4 en R 4, als L 3 en R 3 uit het ijswater worden gehaald.

3. Bij een „kouden” proefpersoon blijft een vingerreactie op afkoeling tot 12° vaak uit, terwijl deze reactie onder standaardconditie wel optreedt. (fig. 32, 33, 34). Afkoeling van een vinger tot $\pm 3^\circ$ gaf echter bij een „kouden” proefpersoon wel een reactie. Wij concludeeren uit deze proeven tot een mogelijken centralen tonusfactor, die echter alleen bij geringe vingerkoeling een koude-reactie hierin kan tegenhouden. In de hierboven vermelde 3 experimenten wordt L 3 en R 3 tot 0° gekoeld, dus zoo sterk, dat de centrale invloed geen beteekenis bezit.

4. In proef 2 ontbreekt in het 1e deel van het experiment de reactie bij R 3 en L 3, in het tweede deel alleen in R 3. Een centrale oorzaak onderstellende zou dus de geringe verwarming van de linkerhand (tot 22°) een belangrijke constrictorentonusafname tot gevolg hebben gehad. Hiermede in strijd is echter de temperatuu-
daling van L 4 (van 22°—17.6°).

Zoo komen wij dus tot de conclusie, dat de directe inwerking van de voorafgaande afkoeling op de rechterhand (tot 14.5—16°) de koude reactie op ijswater van de vingers verhindert.

Nadat wij het eerste deel van onze vraag naar de oorzaak van het uitblijven der koude-reactie in den vinger bij „koude proefpersonen” hebben beantwoord, wenden wij ons tot het tweede deel van het probleem. Wij kunnen hierover kort zijn.

De volgende proef bewijst, dat het niet de vaten in den vinger zijn, die door de voorafgaande afkoeling van de hand of van den geheelen proefpersoon de reactie op verdere vingerafkoeling onmogelijk maken.

Experiment: Fig. 39. De proefpersoon (dezelfde als in fig. 35) is gedurende 45 min. afgekoeld in een kamer van 13.2°. Beide handen zijn zeer koud. De temp. van L 3 en L 4 is aan het einde dier 45 min. resp. 14.3 en 15°. L 3 wordt nu gekoeld in ijswater. Gedurende de daarop volgende 30 min. volgt geen reactie van den gekoelden vinger. Nadat een electrisch matje rondom de hand is gelegd (bij de pijl), volgt na 20 min. een duidelijke koude-reactie van L 3, waardoor de temp. van L 3 toeneemt. Hoe-

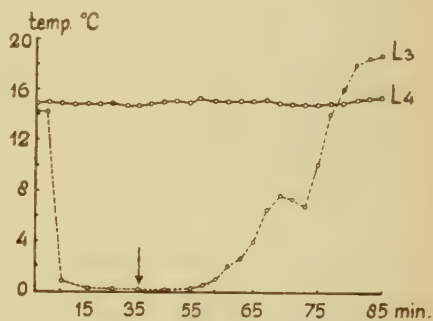


Fig. 39.

wel dus de temperatuur van het koelende water om L 3 gelijk bleef, was het verwarmen van de hand tot aan de vingerknokkels voldoende om een reactie op koude te doen optreden. De temperatuur van L 4 blijft in deze proef gelijk, hetgeen echter blijkens andere gelijksoortige proeven niet altijd het geval is.

Behalve deze proef, pleit ook het feit, dat tijdens de afkoeling van den vinger onder standaardcondities meerdere bloedstroomversterkingen langen tijd achtereen elkander kunnen opvolgen, zeer sterk tegen de onderstelling, dat de afkoeling van de vinger-vaten zelve oorzaak zou zijn voor het uitblijven van een reactie bij een „kouden” proefpersoon. Zoo was de temperatuur van L 3 in fig. 27, gedurende de 36 min., dat de afkoeling duurde, nimmer boven de 12°, en toch vertoonde de vinger nog steeds een zich herhalende reactie op de lage temperatuur in de plethysmograaf.

LEWIS (⁵²) publiceert een curve, waarin de gekoelde vinger gedurende 2 uur dergelijke reacties toont. Uit het effect van de

verwarming der hand in ons experiment, zien wij, dat het niet de toestand van de vaten in den vinger, maar meer proximaal gelegen vaten zijn, die voor de reactie van den vinger bij den kouden proefpersoon beslissend kunnen zijn. De groote arteriën (radialis of zelfs brachialis) zijn zeker niet spastisch vernauwd bij den „kouden” proefpersoon, bij wien de vingerreactie uitblijft. Niet alleen, dat de radialispols steeds onveranderd te voelen is, maar ook het feit, dat verwarming van de hand *alléén* de verwachte reactie op koude in den vinger weer doet terugkeeren, bewijst dit.

VII. KOUDE REACTIE

BIJ OUDERE PERSONEN EN DIABETES-PATIENTEN.

Bij normale proefpersonen, zoo zagen wij, treedt in een tot 15° of lager afgekoelden vinger een stijging van de circulatiesnelheid en daarmee van de huidtemperatuur op. Wordt de afgekoelde vinger uit het koude water gehaald, dan stijgt de temperatuur snel tot boven die van de andere vingers aan dezelfde hand.

Deze locale reactie op koude is bij jonge gezonde menschen altijd aanwezig. Alleen bleek zij bij sommige proefpersonen te ontbreken, wanneer deze sterk werden afgekoeld of wanneer alleen de betreffende hand werd gekoeld.

Daar het algemeen bekend is, dat vele oudere menschen spoedig over koude van handen en voeten klagen, kan men onderstellen, dat bij hen de reactieve circulatietoename op koude minder sterk is. Om deze onderstelling te toetsen werd de locale reactie op koude bij een aantal oudere personen onderzocht.

De proefopstelling was daarbij als volgt: De proefpersoon zit rustig, terwijl zijn rechter hand op harthoogte op een plankje met een opening in het midden steunt. Onder deze opening bevindt zich een thermosflesch geheel met ijsgruis en water gevuld, dat met een roerder kan worden gemengd. Op het plankje is een schakelaar bevestigd, waarmede thermo-elementen op den top van den wijsvinger (R 2) en den middenvinger (R 3) geplakt, alsook een thermo-element, dat in het water hangt, kunnen worden verbonden met een gevoeligen spiegelgalvanometer. Op deze wijze is snel na elkaar de temperatuur van het water en de beide vingertoppen te bepalen. De thermo-elementen zijn met een drievoudig laagje waterproofpleister van 1 × 1 cm op den vinger bevestigd.

Omdat bij de oude proefpersonen, meer nog dan bij jonge

TABEL II.

No.	Proefpersoon	Kamer temp.	Begin temp. R ₃	Begin temp. R ₃	Temp. R ₃ stijgt na min.	Maximale temp, stijging R ₃ tijdens afkoeling	Na-reactie R ₃	Bijzonderheden
1.	Mej. I. W. 68 jr. Hyper-tensie. Arteriosclerose	20°	28°	28.2°	16	7°	32°	sterke reactie op koude
2.	Mej. K. Z. 63 jr. Pleuritis (t.b.c.†) geen art. sclerose	19°	28°	28.5°	4	11°	33°	zeer sterke reactie op koude van R 3
3.	Mej. K. K. 60 jr. gangreen twee teenen door onbekende oorzaak. Apoplexie. Hypertensie. Geen duidelijke arteriosclerose	17.2°	20°	19.5°	17	5.4°	31°	sterke reactie op koude van R 3
4.	Tj. Pl. 73 jr. Art. sclerosis cerebri	17°	23°	24°	11	5.8°	29°	sterke reactie op koude van R 3
5.	E. B. 70 jr. Lues. Art. sclerose. Aneurisma Aortae	17°	25°	22°	9	8.5°	—	zeer sterke reactie op koude van R 3
6.	J. E. 66 jr. Lues. Art. sclerose	17°	25°	26°	6	14°	28°	zeer sterke reactie op koude van R 3
7.	G. G. 75 jr. rest-empyeem na pneumonie. Art. scler.	17.5°	26°	26°	10	7.5°	30°	sterke reactie op koude van R 3
8.	H. H. 73 jr. Observatie buikklachten	18°	27°	27.4°	8	2°	—	zwakke reactie op koude van R 3
9.	J. B. 78 jr. Decompensatio cordis, art. sclerose	18°	23°	23°	10	1.5°	24°	zwakke reactie op koude van R 3
10.	G. K. 63 jr. Anaemie (tumor†)	17°	24°	24°	10	2.6°	26°	matige reactie op koude van R 3
11.	J. S. 65 jr. Maag carcinoom	18°	28°	28°	4	6.6°	30°	matige reactie op koude van R 3
12.	J. E. 73 jr. Diabetes. Art. sclerose	17°	23°	23°	18	0.3°	—	zeer zwakke reactie op koude van R 3
13.	A. v. D. 66 jr. Diabetes	20.5°	30°	30°	10	0.6°	32°	zeer zwakke reactie op koude van R 3
14.	B. D. 71 jr. Diabetes. Art.-sclerose. Dementie	18°	30°	30°	10	0.3°	—	zeer zwakke reactie op koude van R 3
15.	A. B. 71 jr. Diabetes	18°	30°	30°	6	1°	—	zeer zwakke reactie op koude van R 3
16.	J. F. 55 jr. Diabetes. Voor 2 jr. „zweer” aan de voet die niet wilde genezen	21°	29°	28.8°	—	—	—	geen reactie op koude van R 3
17.	H. H. 69 jr. Diabetes	20.5°	28°	28°	4	1°	—	zeer zwakke reactie op koude van R 3
18.	Mej. v. R.-S. 75 jr. Diabetes	22°	30°	30°	8	2°	—	zwakke reactie op koude van R 3
19.	J. A. 57 jr. Diabetes	18°	24°	24°	—	—	27°	geen reactie op koude van R 3
20.	F. K. 23 jr. Diabetes	19.2°	24°	24°	4	8°	31°	sterke reactie op koude van R 3

mensen, de kans op afkoeling gedurende het experiment zeer groot is, werden zij goed in een deken gehuld en de rechterhand en een deel van den onderarm gedurende de proef in een electrisch verwarmd matje gewikkeld. Daarna werd de hand vlak op het plankje neergelegd, en de middenvinger (R 3) geflecteerd door het gat in het koude water in de thermosflesch, dat geregeld geroerd werd, gehangen. De experimenten werden gedaan met een aantal loopende patiënten uit de interne afdeling van het Academisch Ziekenhuis. De resultaten, n.l. het al of niet optreden van de reactie van den gekoelden vinger op koude, en de grootte van die reactie, zijn in tabel II samengevat.

Het eerste deel der tabel heeft betrekking op oudere mensen (60—78 jaar), die om verschillende redenen in de kliniek waren opgenomen, in de tweede helft zijn de diabetespatiënten samengevat, die, behalve No. 20, die 23 jaar oud is, ook alle boven de 55 jaar oud zijn. In de tabel verstaan wij onder „arterio-sclerose” sterk geslingerde vaten, welke hard aanvoelen en als zoodanig op meerdere plaatsen zijn te vinden (Art. radialis, brachialis, femoralis temporalis). In die gevallen, waarin de patiënten spontaan over koude handen of voeten klaagden, werd dit vermeld.

Uit tabel II lezen wij:

1. dat bij oudere personen met duidelijke arteriosclerose de reactie op locale sterke afkoeling in den vinger aanwezig is, hoewel deze reactie in den regel wat minder sterk is dan bij jonge proefpersonen. De beide patiënten met lues (No. 5 en 6) vertoonden een zeer sterke reactie.

2. De diabetespatienten reageerden *niet* of bijna niet, behalve No. 18, die een zeer lichten graad van diabetes had en de jonge patiënt No. 20, die een reactie vertoonde, zooals ook bij gezonde jonge personen werd gevonden. Een duidelijke na-reactie (d.w.z. een temperatuurstijging van den gekoelden vinger na het terugtrekken uit het ijswater tot boven de temperatuur van den niet gekoelden vinger) bestond er alleen bij No. 19.

HOOFDSTUK V.

DE VINGERCIRCULATIE BIJ EEN PATIENT MET DE ZIEKTE VAN RAYNAUD.

Reeds herhaaldelijk hadden wij gelegenheid erop te wijzen, dat de nauwkeurige bepaling van bloedvulling en bloedstroom onder verschillende omstandigheden voor de kliniek van waarde kan zijn. Wij willen dit nader toelichten op grond van het onderzoek van een patiënt, die in de Heelkundige Afdeeling van het Academisch Ziekenhuis te Groningen werd behandeld en verdacht werd lijdende te zijn aan de ziekte van Raynaud.

Het door RAYNAUD (⁶⁹, ⁷⁰) in 1862 beschreven ziektebeeld werd door hem op grond van een 30-tal gevallen ontworpen. De voornaamste diagnostische criteria van dit ziektebeeld waren: symmetrisch optredende aanvallen van bleekheid of cyanose van de vingers of een gedeelte hiervan, wanneer de persoon aan koude was blootgesteld. Daarbij trad soms pijn op. Pathologisch anatomische afwijkingen in de arteriën werden niet gevonden. Het soms in een later stadium van deze ziekte voorkomend symmetrisch gangreen is slechts een sterker graad van hetzelfde lijden.

ALLEN en BROWN (³) onderwierpen de door Raynaud beschreven gevallen aan een critische beschouwing en kwamen tot het besluit, dat een deel der door Raynaud aangehaalde ziektegeschiedenissen niet aan de door hem gestelde criteria voldoen. Zij wijzen erop, dat het ter voorkoming van verwarring noodzakelijk is, de diagnose „Raynaud” alleen te stellen, als obtureerende processen in de grootere arteriën zijn uit te sluiten. LEWIS (⁵⁹) vond na obductie van een aantal lijdens aan de ziekte van Raynaud deze processen niet, maar wel geringe, niet typische degeneratieve afwijkingen in de kleinste arteriën. In die gevallen, waarbij symmetrische necrosen aan de vingers bestonden, vond LEWIS steeds thrombosen in die vaatjes, een gevolg van de door de herhaalde vaatkramp ontstane beschadiging.

Het is voor de diagnose van de ziekte van Raynaud van belang obliteerende processen in de arteriën uit te sluiten. Voor de arteria radialis is dit zeer eenvoudig. Moeilijker is dit voor de vingerarterie.

Hierbij kan de door ons beschreven methode van dienst zijn.

De anamnese van onzen patient was als volgt:

Br. M. 60 j. landbouwer, klaagt sinds $\frac{1}{2}$ jaar over de vingers van beide handen, vooral links. Wanneer hij in de koele buitenlucht komt of met koud water werkt, worden de vingers doof en spoedig, aan den top beginnend, wit of blauw. Weinig pijn! De duimen doen meestal niet mede. In de warmte heeft patient geen enkele klacht en kan beide handen goed gebruiken. De klachten zijn geleidelijk toegenomen. Er zijn nooit slecht genezende wonden aan de handen geweest. Over de beenen bestaan geen klachten. Geen misbruik van alcohol. Patiënt rookt veel. In de familie geen klachten van gelijken aard.

Het algemeen onderzoek levert niets bijzonders op. Art. brachialis beiderzijds iets geslingerd. De radialispols is steeds, ook tijdens een aanval, goed te voelen. Bloeddruk 145—85. Geen diabetes. Bij een kamertemperatuur van 15° C. trad bij patient meestal een aanval op. De vingers worden bleek of cyanotisch, al naar de hand omhoog of omlaag gehouden wordt. Het geheele verloop komt overeen met de beschrijving, welke LEWIS gegeven heeft. Om na te gaan, of er een oblitererend proces bestaat, pasten wij de methode der „body-warming”, beschreven door GRANT en HOLLING⁽³⁷⁾, GIBBON en LANDIS⁽³⁰⁾, toe. Door het verwarmen van het lichaam, hetzij door het dompelen van de beenen in warm water, hetzij door het plaatsen van een lichtkast over den romp, treedt bij normale menschen een maximale vasodilatatie in de handen op. Deze wordt volgens genoemde auteurs en FATHERREE⁽²⁴⁾ en FREEMAN⁽²⁶⁾ veroorzaakt door vasodilatorische zenuwen. De laatste nam waar, hoe na sympatectomie de reactie laat of niet optreedt.

SALANDT⁽⁷²⁾ komt tot de conclusie, dat van de patiënten, waarvan de temperatuur der handen bij rompverwarming niet steeg boven 30.5° C. 91 % een organisch vaatlijden hadden. Steeg de temperatuur daarboven, dan bestond er, volgens hem, in geen enkel geval een organisch lijden.

Werd onze patiënt met een lichtkast verwarmd, nadat te voren door de lage kamertemperatuur (15° C.) een duidelijke cyanose der vingers was opgewekt, dan bleek uit de reactie, dat geen oblitererend proces in de arteriën aanwezig was. De temperatuurstijging begon het eerst rechts en wel 70 minuten na het begin der rompverwarming. De stijging was aanvankelijk zeer langzaam (1° in de eerste 10 minuten). Gedurende die periode begint patiënt te zweeten. Daarna verdwijnt de vaatspasmus sneller en gaat de temp. overeenkomstig sneller stijgen om ten slotte langzamer het maximum van 32° C. te bereiken. Het verloop links is iets anders. De

temperatuurstijging begint 15 min. later dan rechts, de langzame stijging duurt 10 min. langer, waarop een snelle stijging volgt en een zelfde eindtemperatuur wordt bereikt. Het verschil tusschen rechts en links zou wellicht een arteriële obstructie links doen onderstellen. Bij de door ons gebruikte methode van lichaamsverwarming beschrijven UPRUS, GAYLOR, CARMICHAEL (⁸⁸), dat verschillen tusschen rechts en links als bij onzen patiënt ook bij normale proefpersonen kunnen voorkomen. Daar echter bij een herhaald onderzoek door ons het zelfde verschil als de eerste maal werd gevonden, meen ik toch, dat het verschil tusschen rechts en links samenhangt met de sterkte der aandoening in rechter- en linkerarm, hetgeen met de klachten van patiënt overeenkomt. Het verloop der temperatuurcurve links wijst niet op een arteriële obstructie.

Op grond van de anamnese, de symmetrie van de aandoening en het onderzoek, meende ik, dat Br. M. lijdende is aan de ziekte van Raynaud.

Daar meestal wordt aangenomen, dat de typische aanvallen bij de Raynaudsche ziekte ontstaan door een centraal veroorzaakte vaatspasmus, onderzochten wij de vasomotorische reacties in den vinger van onzen patiënt met de vroeger beschreven methoden. Helaas moest worden afgezien van een vergelijking tusschen linker- en rechtervingers, daar ik slechts over één plethysmograaf beschikte, welke de zeer dikke vingers van dezen landbouwer kon bevatten.

De patiënt werd in standaardconditie onderzocht. Voor het handhaven van dien toestand waren speciale voorzorgen noodig. Onder de gewone proefomstandigheden koelden de handen van patiënt snel af, en werden cyanotisch (bij een kamertemperatuur van 18.5° — 19.5° C.). Tot aan de metacarpo-phalangeaal gewrichten werd de hand dan ook in een met vette watten gevulde kous gehuld.

Het bleek nu, dat, vergeleken met normale proefpersonen van dezen leeftijd geen verschil viel waar te nemen. De maximale instroomsnelheid was 1.6 cc. per 10 cc. vinger, dus aan den lagen kant. De temperatuur van een contrôlevinger was 32° C. aan den top. Er bestond een duidelijke capillair pols, hetgeen volgens LEWIS (⁵⁹) tegen een oblitereerend proces in de arteriën van den vinger pleit. Er kwamen schommelingen, hoewel niet veel en van geringe grootte in de instroomsnelheid voor.

Op een diepe ademhaling reageerde de instroomsnelheid met een

scherpe daling, dus als normaal. De daling was echter nooit zoo groot, dat de circulatie geheel stil stond.

Voor het volume geldt hetzelfde. Ook hier weinige en niet zeer groote schommelingen, maar een prompte volumeafname na een diepe ademhaling (maximaal 70 mm³ per 10 cc. vinger).

De latentie van instroomings- en volume afname na het begin van de diepe ademhaling was als bij normalen (2—3 sec.). De bloeddruk in de arteria digitalis varieerde van 95—112 mm, hetgeen geheel normale waarden zijn. Vervolgens werd de reactie van R 3 en L 3 op sterke afkoeling nagegaan. De proefpersoon was behagelijk warm. De uitgangstemperatuur voor de vingers was 28° C. Alleen R 3 vertoonde een duidelijke temperatuurreactie op afkoeling, L 3 niet. Tijdens de temperatuurstijging in R 3, nadat deze uit het ijs-water was gehaald (na-reactie) nam ook de temperatuur in R 4 en L 4 een weinig toe. Dit bewijst dus, dat ook vasomotore-reflexen rechts en links geheel normaal zijn.

Tenslotte werd met R 3 het volgende experiment gedaan. De patiënt is behagelijk warm. De goed warme vinger werd in een plethysmograaf met water van 31.2° C. omstroomd. De instroomsnelheid bedroeg 1.2 cc. per minuut, hetgeen wat laag is. Na zekeren tijd werd het water op 5° C. gebracht. Na een korte, sterke daling steeg de instrooming weer tot ± 0.6 cc./min., om daarna afwisselend hooger en lager te zijn. Er was dus een, zij het niet sterke, normale reactie op afkoeling. Tijdens deze reactie nu werd de hand van zijn bedekking ontdaan, nat gemaakt en met een koude Föhn bewerkt. De temperatuur in het water bleef gelijk. Na 15 min. was de circulatie in den vinger, die gedurende de 30 minuten, dat de plethysmograaf op 5° C. was gehouden, niet lager dan 0.4 cc./min. was geweest, nul geworden. De andere, zichtbare vingers, behalve den duim, vertoonden een aanval en waren donker cyanotisch van kleur geworden. De linkerhand was warm en *normaal* van kleur gebleven. De bloeddruk in de art. digitalis was nu niet na te gaan, daar de instrooming geheel stil stond. Door de afkoeling van den handrug werd hier dus de koude reactie onderbroken. Dit geschiedt niet bij normale personen, echter wel kan de koudereactie bij sommige menschen kleiner gemaakt worden. Dit was n.l. het geval bij den proefpersoon (pag. 119 fig. 35), welke — indien afgekoeld — geen koudereactie in den vinger vertoonde. Vatten wij het resultaat van ons onderzoek samen, dan meen ik, dat in de warme hand bij dezen patiënt met de ziekte van Raynaud, dus buiten een aanval de circulatie geheel normaal is, mogelijk iets te klein voor den leef-

tijd. De bloedvaten staan als normaal onder invloed van vasomotoren, welke een plotselinge vasoconstrictie kunnen veroorzaken (b.v. op een diepe ademhaling).

Op grond van het bovenstaande lijkt mij de conclusie gewettigd, dat een „aanval” bij de ziekte van Raynaud kan worden verklaard door een spasmus van de vaten proximaal van de plethysmograaf (art. digitalis — arcus volaris) veroorzaakt door de *directe* inwerking van koude, waarvoor deze patiënten overgevoelig zijn. De symmetrie van den aanval zou dan verklaard zijn door het gewoonlijk symmetrisch werken van dezelfde oorzaak, b.v. de kamertemperatuur.

Wat de gevoeligheid voor koude betreft, deze komt in mindere mate, ook bij nog als normaal geldende proefpersonen, voor. Er bestaat dus vermoedelijk een geleidelijke overgang van de nog normale gevoeligheid der vaten in de arcus volaris voor koude tot de pathologische gevoeligheid bij de ziekte van Raynaud. Onze meening, dat het optreden van een aanval bij een patiënt met de ziekte, of beter het syndroom van Raynaud wordt veroorzaakt door een spasmus van de vaten proximaal van den vinger, baseert zich slechts op het onderzoek van één patiënt. Toch vinden wij dezelfde meening op andere gronden bij LEWIS ⁽⁵⁶⁾. Wat tenslotte de oorzaak is voor de overgevoeligheid van de vaten in de hand voor locale koude, is niet bekend. JOHNSON ⁽⁴⁹⁾ meent, dat een verwijding van de vaten in de arcus volaris de verklaring vormt voor een „aanval” van Raynaud, op m.i. aanvechtbare gronden.

Wanneer de ziekte van Raynaud *niet* wordt veroorzaakt door een centrale vasospasmus zijn de vaak slechte resultaten van een sympathectomie te begrijpen. JOHNSON ⁽⁴⁹⁾; LEWIS ⁽⁵⁷⁾; TELFORD ⁽⁸³⁾; SIMMONS and SHEEHAN ⁽⁷⁸⁾; FULTON ⁽³⁷⁾; WHITE ⁽⁹²⁾; LEWIS en LANDIS ⁽⁵⁸⁾ komen allen tot de conclusie, dat de gebruikelijke postganglionaire of ganglionaire sympathectomie op zijn gunstigst onzekere en slechts tijdelijke resultaten oplevert bij de ziekte van Raynaud. Beter zouden de resultaten bij prae-ganglionaire sympathectomie zijn (TELFORD ⁽⁸⁴⁾).

In ieder geval zal men, zoolang het fijnere mechanisme der koudegevoeligheid in verband met de sympathische innervatie niet beter bekend is, de sympathectomie niet op theoretische gronden kunnen verwerpen.

HOOFDSTUK VI.

CORRELATIES.

In ons onderzoek over den bloedsomloop in den vinger en zijn verandering onder verschillende omstandigheden, werden de instroomsnelheid van het bloed, het vingervolume, de volumepols en de bloeddruk gemeten. Op deze wijze werd een zoo volledig mogelijk beeld van den toestand der bloedvaten en de circulatie ontworpen en een inzicht verkregen in de reactieve wijzigingen, die door locale en verwijderde oorzaken optreden.

De vraag dient te worden gesteld, of de quantitatieve uitkomsten van onze proeven de mogelijkheid bieden correlaties tusschen de gemeten waarden vast te stellen. Een dergelijk quantitatief verband zou immers de uitdrukking van een causalen of functioneelen samenhang kunnen zijn of wel tot een vereenvoudiging van de onderzoekmethoden kunnen leiden, hetgeen vooral voor klinische toepassingen waardevol kan zijn.

Wij willen dan het verband nagaan tusschen:

- a. instroomsnelheid en temperatuur;
- b. instroomsnelheid en volume;
- c. instroomsnelheid en volumepols;
- d. volumepols en vingervolume;
- e. bloeddruk en instroomsnelheid.

a. Instroomsnelheid en temperatuur.

Door het instroomende bloed wordt een hoeveelheid warmte aangevoerd, die de gemeten temperatuur in de huid van den vinger bepaalt, wanneer de voorwaarden voor de warmteafgifte constant zijn.

Binnen zekere grenzen zal er dus een quantitatief verband tusschen de instroomsnelheid van het bloed en de temperatuur moeten bestaan. Natuurlijk zal er een tijdsverschil in de wisselingen van beide grootheden moeten optreden, dat voornamelijk van de warmtecapaciteit van den vinger afhankelijk is. Hierdoor zullen snelle veranderingen in de instroomsnelheid niet een temperatuur-

variatie van de huid veroorzaken, hetgeen bij de vroeger medegedeelde uitkomsten ook bleek.

Langzame veranderingen in de stroomsnelheid worden door de temperatuurvariatiës goed weergegeven. Wil men dus in de kliniek zulke langzame wijzigingen in de periphere circulatie onderzoeken, b.v. de reactie op locale afkoeling, dan is de registratie van de huidtemperatuur met de door ons aangegeven methode een zeer bruikbaar hulpmiddel. Wil men snelle veranderingen, b.v. reflectorisch spontane of door een diepe ademhaling opgewekte stroomveranderingen, vast stellen, dan is de temperatuurvariatie te traag, ook al zou men een snel reageerenden galvanometer gebruiken.

b. Instroomsnelheid en volume.

In de hoofdstukken II en III hebben wij gezien, hoe beide, volume en instroomsnelheid onder standaardcondities steeds aan veranderingen onderhevig zijn. Beide vertoonen een invloed van de ademhaling, langzame golven, plotselinge toe- en afnamen en den invloed van een diepe ademhaling, locale of algemeene afkoelingen.

Het ligt voor de hand te onderstellen, dat de stroomsnelheid en de vulling der capillairen en venulae, die het volume bepalen, in vele gevallen gezamenlijk veranderen, soms na elkander, soms gelijktijdig en wellicht ook in quantitatief opzicht. Hier volge dan de samenvatting van wat uit een groot aantal curven omtrent het verband tusschen volume en instroomsnelheid is gebleken. In het algemeen komen groote schommelingen in beide in gelijke frequentie voor. Daalt de instroomsnelheid snel, dan neemt ook het volume af. In geen enkel geval geschiedt dit echter gelijktijdig. *Altijd volgt de volumevariatie die der instroomsnelheid.* Het interval is verschillend lang, en varieert van 2—6 sec. Zoo ook volgt de stijging van het volume op een toename in de instroomsnelheid met een ongeveer gelijklang tijdsinterval.

Het gebeurt echter dikwijls, dat het volume nog toenemende is, wanneer een nieuwe afname van de instroomsnelheid een in gang zijnde stijging onderbreekt. Daardoor ziet men in de curven nog al eens een tegengestelde verandering van beide waarden. Bovendien komen kleinere, kortdurende veranderingen in de instroomsnelheid meestal niet voor in het plethysmogram. Tijdens een reactie van den vinger op sterke afkoeling, komen er dan ook veel minder schommelingen in het volume dan in de instroomsnelheid in den

gekoelden vinger voor. Altijd echter volgt het volume de instroomsnelheid met een zeker tijdsinterval.

Uit deze feiten blijkt, dat de verwijding der arteriolen (en arterio-veneuze anastomosen), die in hoofdzaak de instroomsnelheid bepalen, meestal *gevolgd* wordt door een sterkere bloedvulling in de capillairen en venulae. Ten deele zal deze vulling passief geschieden, ten deele ook door een uitbreiding door axonreflexen van de tonusvariatiën in het arterieele stroombed. Dit is althans de opvatting, die KROGH, op grond van directe waarneming der circulatie, heeft ontwikkeld. KROGH heeft echter ook aangetoond, dat de capillairtonus zelfstandig *kan* veranderen en zoo vinden wij ook (b.v. in fig. 35) volumevariatiën onafhankelijk van veranderingen in de stroomsnelheid.

Behalve een tijdelijk verband, blijkt er ook een quantitatieve correlatie tot op zekere hoogte tusschen beide grootheden te bestaan. Eng is dit verband echter onder standaardcondities niet, zooals blijkt uit een graphiek, waarin op de absis de stroomsnelheid en op de ordinaat het bijbehorend volume werd uitgezet. De zoo verkregen punten vertoonen dan een zeer groote spreiding.

Een ander beeld verkrijgt men, wanneer zulk een grafische voorstelling van het verband tusschen volume en stroomsnelheid gemaakt wordt tijdens een koude reactie.

In fig. 40 zijn instroomsnelheid en volume tegen elkaar uitgezet. De punten zijn ontleend aan een proef, waarbij bij een proefpersoon, in standaardconditie, een vinger sterk werd gekoeld. Van twee opeenvolgende reacties, welke hij op die afkoeling vertoonde, zijn de 1e phase (de toename) en de 2e phase (de afname) afzonderlijk geteekend. Tijdens de eerste reactie is er vrijwel hetzelfde verband tusschen stroomsnelheid en volume tijdens de toename als tijdens de afname (1e en 2e phase). Een vergelijking met de tweede reactie is echter niet mogelijk. Er bestaat bij deze tweede reactie een groot verschil tusschen het verband tijdens de toename en dat tijdens de afname der instroomsnelheid.

Uit de ligging der punten in fig. 40 blijkt wel duidelijk, dat

1. De instroomsnelheid tijdens koudereacties van den vinger in een wisselende verhouding tot het volume toeneemt;
2. gelijke waarden voor de instroomsnelheid voorkomen bij zeer verschillende waarden van het vingervolume;
3. nergens de instroomsnelheid ten opzichte van het volume in een quadratische functie toeneemt.

De beteekenis van dit laatste wil ik hier kort toelichten. Gesteld,

dat de instroomsnelheid in den vinger toeneemt, doordat een groot aantal capillairen, te voren gesloten of vernauwd, opengaat, dan geldt voor een capillair de wet van POISSEUILLE, welke leert, dat bij gelijk gebleven lengte en doorsnede de door die capillair stroomende hoeveelheid bloed (Vu), bij een gelijk gebleven drukverval, beantwoordt aan de formule: $Vu = \frac{S \pi R^4}{8 \mu l}$, waarin S de druk, R de straal van het capillair, l de lengte en μ een constante is. Nu is noch aantal, noch lengte der capillairen in den onder-

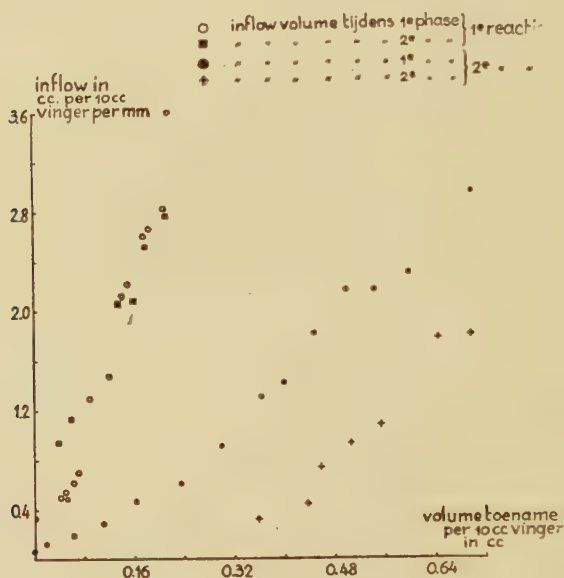


Fig. 40.

zochten vinger bekend. Wij mogen echter aannemen, dat de totale lengte der capillairen niet verandert. Het vingervolume is in hoofdzaak afhankelijk van de bloedvulling der capillairen, waarvan het gezamenlijk volume voorgesteld kan worden door $Vo = \pi R^2 l$, waarin R de gemiddelde straal en l de totale lengte der capillairen is.

Hieruit volgt $R^2 = \frac{Vo}{\pi l}$. In de bovenstaande formule:

$Vu = Vo^2 \times \frac{S_3}{8 \mu l \pi}$, waarin S , μ , l en π constant zijn, dus:

$Vu = Vo^2 \times C$. M.a. w. de verhouding, waarin de uitstrooming, welke over een zekeren tijd genomen, gelijk is aan de instrooming, toeneemt tot het volume, is een quadratische functie; echter slechts,

wanneer de circulatie alleen door de capillairen plaats vindt. In geen enkel geval echter neemt de instrooming in verhouding tot het volume als een quadratische functie toe. Zelfs bestaat geen vaste verhouding tusschen de toename van instroomsnelheid en volume in elkander opvolgende reacties in één experiment (fig. 40).

Uit het bovenstaande volgt, dat onze onderstelling, dat de circulatietoename een gevolg zou zijn van een massaal opengaan van capillairen, onjuist is. Wel blijkt echter uit deze experimenten, dat tegelijk met de toename van de instroomsnelheid een aantal capillairen opengaat (blijkens het toenemende volume). De indruk bestaat, dat tijdens de reactie van den vinger op afkoeling, één oorzaak op volume en instrooming beide, werkt, maar ook dat de toename van de instrooming niet mag worden toegeschreven aan een massaal wijder worden van de capillairen (toename van het volume).

Het zouden dus verschillende elementen zijn, welke, tijdens de reactie van den vinger op koude, volume en instrooming beheerschen; de grootte van beide wordt echter bepaald door één oorzaak.

c. Instroomsnelheid en volumepols.

Reeds eerder werd gewezen op een zeker verband tusschen instroomsnelheid en volumepols op het moment, dat de instroomsnelheid wordt gemeten. Daar de instroomsnelheid binnen de seconde kan veranderen, is het mogelijk, dat door een dergelijke verandering een onjuist verband wordt gelegd. Immers voor de grootte van den volumepols nemen wij den laatsten pols in het plethysmogram, voordat de instroomsnelheid wordt bepaald. Door een groot aantal bepalingen is deze bron van fouten echter wel uit te schakelen. In fig. 41 is het verband: instroomsnelheid en volumepols (niet op de ordinaat vermeld) weergegeven bij een warmen proefpersoon in standaardconditie. Het blijkt wel, dat, hoewel een zeker verband onmiskenbaar is, de spreiding der punten vrij groot is. Zoo verschillen de uiterste waarden van de instroomsnelheid, voorkomende bij een volumepols van 0.012 cc. (2.3 resp. 3.4 cc.) onderling 1.1 cc.

BURTON ⁽¹¹⁾ vindt in zijn grafieken een ongeveer even groote spreiding. De correlatie tusschen stroomsnelheid en volumepols is dus niet voldoende om uit kleine veranderingen van de laatste tot variatie van den bloedstroom te besluiten. Dit zou anders een

methodisch voordeel zijn, omdat de grootte der volumepolsen direct op het geregistreerde plethysmogram is af te lezen en de bepaling van de instroomsnelheid, zooals in het hoofdstuk over de methodiek is uiteengezet, vrij bewerkelijk is.

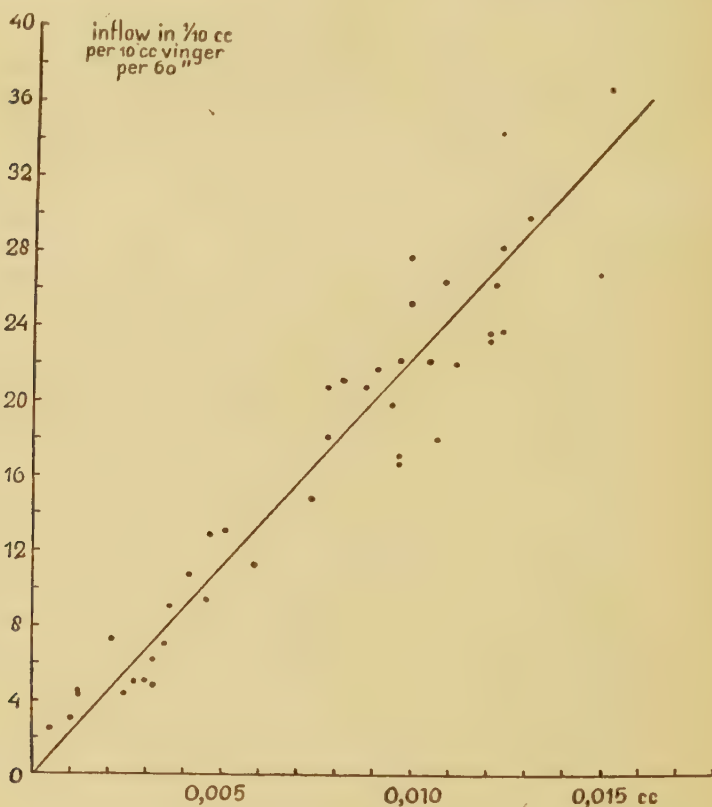


Fig. 41.

Nu uit de graphiek blijkt, dat bij een zelfde grootte van volumepols de instroomsnelheid met $\pm 50\%$ kan varieeren, is het ontoelaatbaar om b.v. uit respiratorische variaties van den volumepols tot stroomveranderingen van 20% te besluiten, zooals BURTON meende te kunnen doen.

Anderzijds echter kan worden gezegd, dat grootere veranderingen in den volumepols in den regel aan veranderingen in de instroomsnelheid gepaard gaan (zie fig. 24, R 3). Wanneer de waarden van instroomsnelheid en grootte van den volumepols uit fig. 24 tegen elkaar worden uitgezet blijkt echter de spreiding ongeveer gelijk te zijn aan die in fig. 41.

Voorts blijkt uit een groot aantal proeven, dat volumepols-grootte en instroomsnelheid ongeveer in hetzelfde verband staan, bij denzelfden proefpersoon in standaardconditie, en tijdens de reactie van een vinger op sterke afkoeling, d.w.z. de meest waarschijnlijke rechte, welke door de punten in fig. 41 getrokken kan worden, maakt een gelijke hoek met de absis, indien die punten ontleend waren aan een stuk curve, waarin de volumepols en de instroomsnelheid veranderden tijdens een reactie van den vinger op koude.

We kunnen den volumepols als een zeer geschikten *indicator* voor veranderingen in de instroomsnelheid, en tot op zekere hoogte ook voor de grootte dier veranderingen gebruiken. Tot kleine veranderingen (minder dan 50% van de instroomsnelheid) mag uit de grootte van den volumepols echter niet worden besloten. De meting van den volumepols kan de directe meting van de instroomsnelheid dus niet vervangen. Zij kan die aanvullen in zooverre zij op een moment een indruk kan geven van veranderingen in de instroomsnelheid; in die gevallen wordt zij dus als een continuë registratie van de instroomsnelheid gebruikt.

d. Grootte van den volumepols en het vingervolume.

In het plethysmogram zien wij met het volume ook den volumepols, in gelijken zin, veranderen. Bij oppervlakkige beschouwing lijkt er een nauw verband te bestaan (fig. 10; 11). Verloop van polsgrootte en volume toonen veel overeenkomst, alle belangrijke volumeveranderingen komen als af- en toenamen in de grootte van den volumepols voor. Steeds echter neemt de grootte van den volumepols eerder en sneller af dan het volume. Het verschil bedraagt ongeveer 2 sec. Veel groter is het verschil in tijd, waarin volumepols en volume na een sterke daling tot een gemiddelde waarde terugkeeren. Dan blijft het volume steeds achter (zie fig. 11). Deze bevindingen komen overeen met die, welke voor het verband instroomsnelheid en volume gelden. Ook daar zagen wij, dat de eerste sneller verandert in grootte dan het volume. Quantitatief lijkt er eenig verband te bestaan tusschen grootte van volumepols en volume. Bij een nauwkeurige analyse echter blijkt wel, dat dit verband zeer los is. In fig. 42 zijn op de absis de volumina voorkomende in fig. 11 uitgezet, en op de ordinaat de bijbehorende grootten van den volumepols. De spreiding is hier groot, veel groter dan wanneer wij volumepols en instroomsnelheid tegen

elkander uitzetten. Dit is begrijpelijk, omdat de volumepols, de instrooming tijdens de systole van het hart voorstelt, terwijl het volume van den vinger van de tonus der capillairen en venulae afhangt. In het experiment fig. 35, waar, door bijzondere omstandigheden, alléén het volume en niet de instroomsnelheid toeneemt, neemt ook de grootte van den volumepols niet of nauwelijks toe.

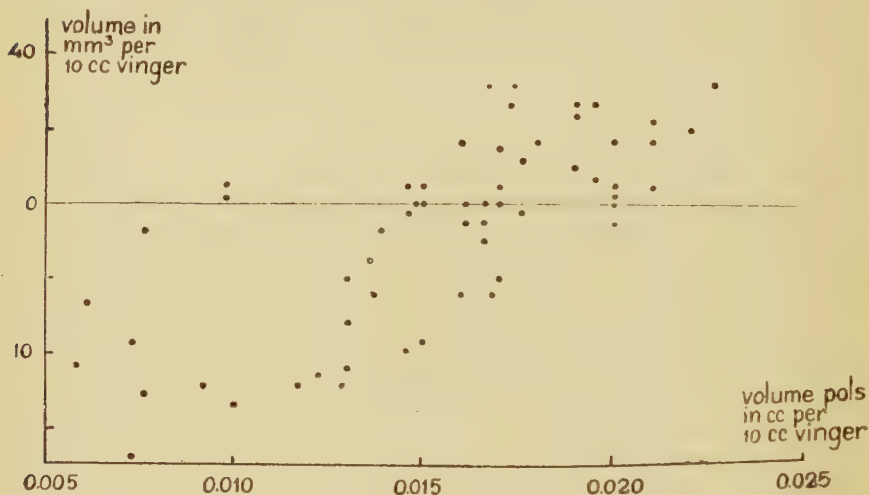


Fig. 42.

e. Bloeddruk en instroomsnelheid.

In het hoofdstuk methoden bespraken wij de methoden ter bepaling van de instroomsnelheid en den bloeddruk in den vinger. Aan de hand van eenige experimenten willen wij thans het verband tusschen den bloeddruk en de instroomsnelheid in den vinger nagaan.

Experiment 1. Proefpersoon in standaardconditie. Kamertemperatuur 19.5°. Aan linker middenvinger en wijsvinger (L 3 en L 2) een plethysmograaf, beide met lucht gevuld. Aan L 3 wordt de instroomsnelheid gemeten, aan L 2 wordt de bloeddruk in dien vinger bepaald. De temperatuur van den top van L 3 wordt thermoelectrisch gemeten. Van 8 tot 18 min. en van 25 tot 38 min. na het begin van de proef worden beide voeten in water van 16° C. gedompeld (in fig. 43 bij a en b).

Opvallend is, hoe de bloeddruk in L 2 (bovenste lijn in de figuur), tegengesteld aan de instroomsnelheid in L 3, op en neergaat, niet

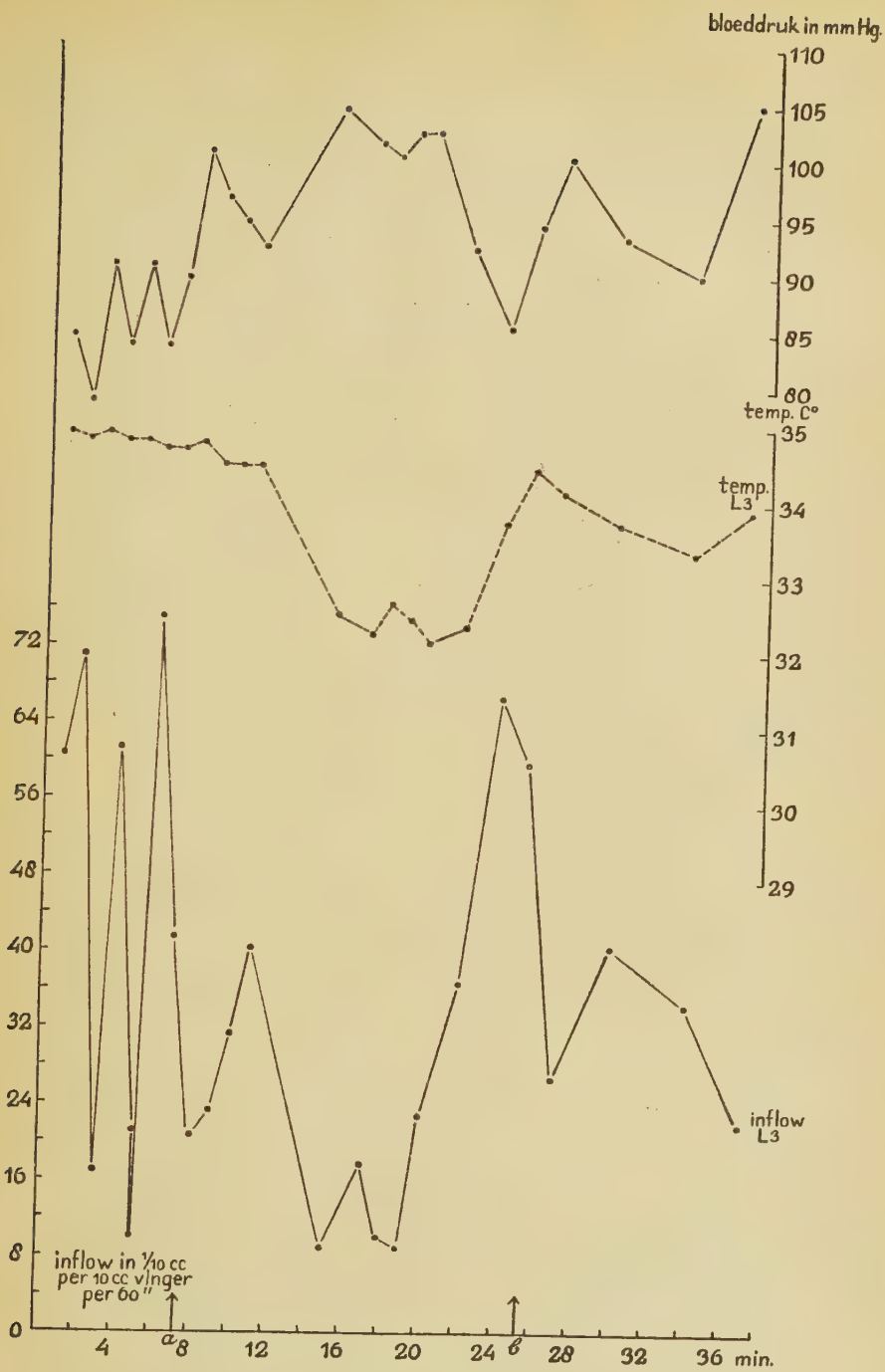


Fig. 43.

alleen tijdens kortdurende veranderingen in de instrooming in het begin van de proef, doch ook tijdens de langerdurende afname van de instroomsnelheid na de indompeling van de voeten in koud water.

Het valt op, dat de bloeddruk in L 2 tijdens de indompeling van de voeten in koud water hoger is, dan in eenig deel van de proef daaraan voorafgaande, gedurende hetwelk de instroomsnelheid

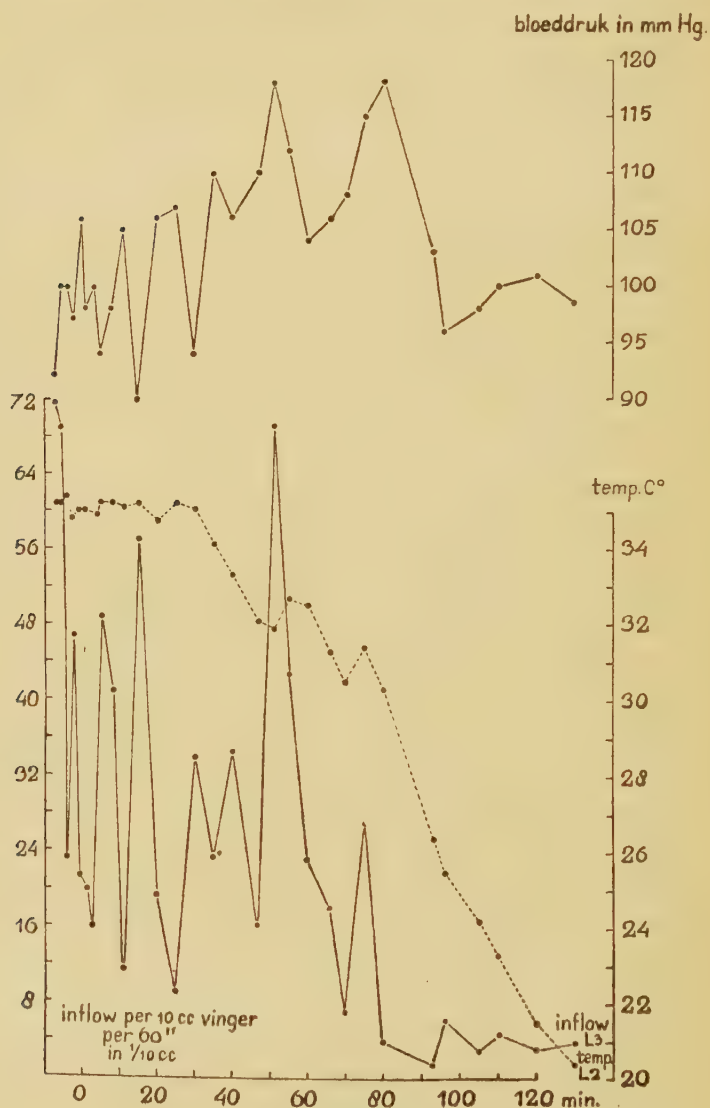


Fig. 44.

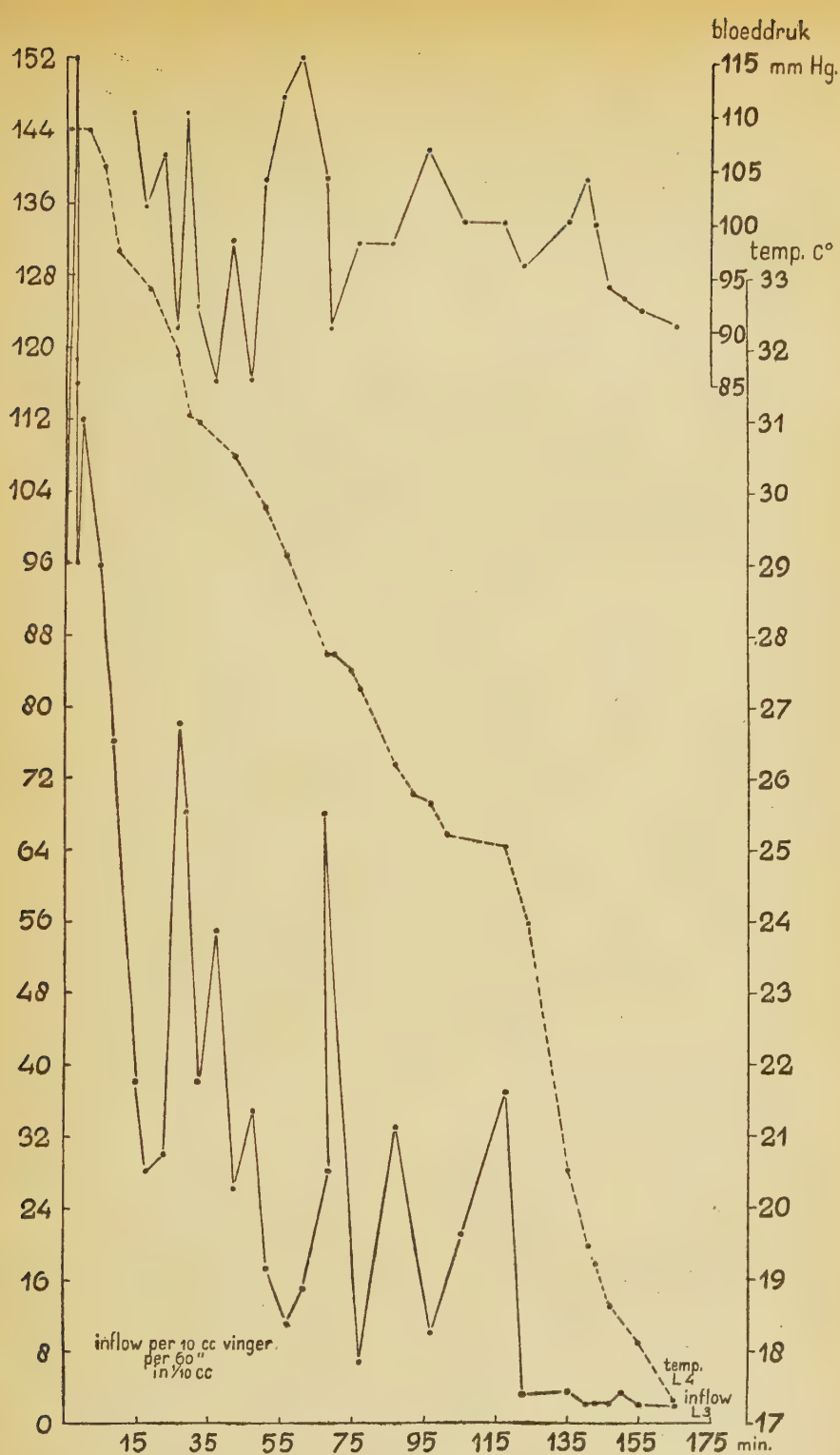


Fig. 45.

toch een even lage waarde bereikt (b.v. na 5 min.). De hoogste waarde voor den bloeddruk in L 2 wordt op het einde van het experiment gevonden. Op dat moment echter is de instroomsnelheid niet het laagste. Een proportionaliteit: bloeddruk — instroomsnelheid is er dus niet. Slechts kunnen wij constateeren, hoe zij zich tegengesteld aan elkander bewegen.

Experiment 2. Proefpersoon, in standaardconditie. Aan L 3 en L 2 een plethysmograaf. Die aan L 3 is doorstroomd met water van 32°. Aan L 4 werd de bloeddruk gemeten. De temperatuur van den top van L 2 wordt thermo-electrisch gecontroleerd. Kamertemperatuur 16°. (Fig. 44). Kort na het begin van het experiment wordt de proefpersoon van zijn warme kleding ontdaan, zoodat hij langzaam afkoelt. Regelmatig worden instroomsnelheid en bloeddruk gelijktijdig bepaald. Hoewel de condities in deze proef anders zijn dan in het 1e experiment, valt weer het tegengesteld veranderen van instroomsnelheid en bloeddruk op. Slechts enkele punten (zooals bij 50 min.) vormen hierop een uitzondering. Merkwaardig is, dat bij de vrij critische daling der instroomsnelheid (ongeveer na 70 min.) de bloeddruk niet stijgt (zooals op grond van het vorige en het eerste deel van dit experiment te verwachten was), maar ongeveer gelijk blijft.

Dezelfde verschijnselen doen zich in een geheel gelijk experiment voor (fig. 45). Hier was de proefpersoon te voren warmer dan in het vorige experiment.

Experiment 4. Fig. 46. Dit experiment bestaat uit drie deelen:

I. De proefpersoon is goed warm. Vingertemp. 33°. Aan L 3 wordt de instroomsnelheid, aan L 2 de bloeddruk gemeten. Een assistent meet bij elke bepaling telkens den bloeddruk in de art. brachialis (volgens Korotkov). Na eenige oefening is het niet moeilijk al deze bepalingen te synchroniseeren. Uit de figuur blijkt, dat instroomsnelheid en bloeddruk in L 2 weer tegengesteld aan elkander veranderen. Druk in de art. brachialis en L 2 lijken echter onafhankelijk van elkaar te veranderen.

II. In dit deel van het experiment worden de beenen van den proefpersoon in water van 16° gedompeld. Blijkens een aantal, niet in de figuur opgenomen bepalingen van de instroomsnelheid, was deze gedurende 15 min. laag, waarna een stijging, gedurende het gedeelte in de figuur weergegeven, plaats vindt. Duidelijk blijkt, hoe daarbij de instroomsnelheid en bloeddruk in de arcus volaris weer tegengesteld aan elkaar varieeren. Tijdens de zeer kleine instroomsnelheid in het begin van dit deel (0.1 sec.) stijgt de bloed-

druk in L 2 zelfs tot den druk in de art. brachialis (dat die druk daar iets boven uitkomt, is natuurlijk een meetfout). In het algemeen is de druk in L 2 nu hooger dan gedurende deel I van het experiment, terwijl ook de systolische druk in de art. brachialis hooger is geworden.

III. Nadat de beenen uit het koude water zijn gehaald, wordt de proefpersoon ten deele ontkleed. Beide plethysmografen worden gedurende 30 min. losgemaakt, terwijl beide handen tot over den pols in water van $14\frac{1}{2}^{\circ}$ worden gekoeld. Snel koelt de proefpersoon af. Na 30 min. worden de plethysmografen weer bevestigd aan L 2 en L 3, verder blijft de proefpersoon onbedekt zitten. Weer volgen gelijktijdige bepalingen van instroomsnelheid in L 3, bloeddruk in L 2 en druk in de art. brachialis rechts.

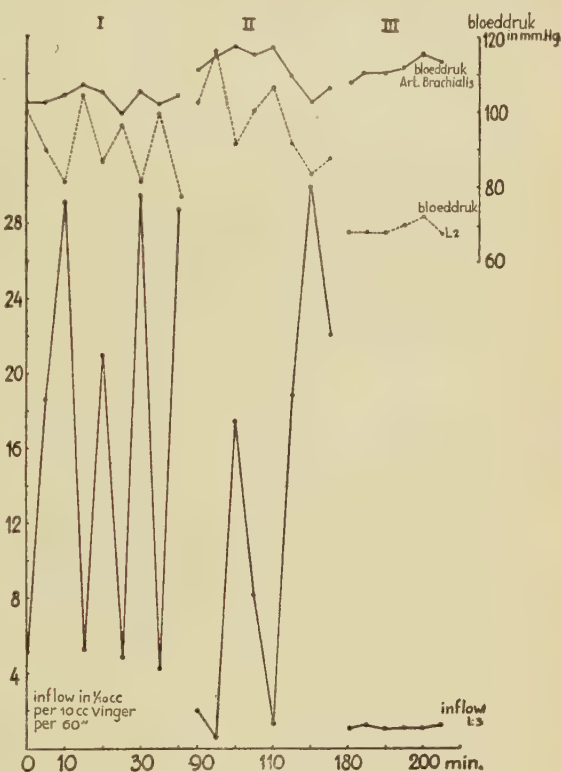


Fig. 46.

Bezien wij deel III der figuur, dan valt op, hoe de bloeddruk in de art. brachialis vergeleken met het vorige deel van het experiment vrijwel gelijk is gebleven. De druk in L 2 daarentegen is, ondanks de zeer sterke afname van de instroomsnelheid (tot 0.1 cc.) gedaald tot gemiddeld 70 mm Hg., maar blijft ook vrij constant.

Deze experimenten geven aanleiding tot de volgende beschouwingen en overwegingen:

In hoofdstuk I werd reeds opgemerkt, dat er onderscheid gemaakt dient te worden tusschen den „potentieelen”, arterieelen bloeddruk in een vat, en den stroomdruk („flow-pressure”) (zie pag. 49). Met de gebruikte methode wordt alleen deze stroomdruk

in de arcus volaris gemeten. In het licht van de in het hoofdstuk I gegeven voorstelling over de beteekenis van het begrip „stroomdruk” is het begrijpelijk, dat, wanneer de vaten in den vinger (en wij mogen op grond van vorige hoofdstukken zeggen, in alle vingers gelijktijdig), nauw worden, de stroomdruk in de arcus volaris stijgt, en omgekeerd bij vaatverwijding daalt. Wanneer de doorstroming van de vingers tot nul is gedaald, zal de gemeten „stroomdruk” den potentieelen bloeddruk in de arcus volaris, d.i. den systolischen bloeddruk in de art. brachialis, benaderen.

Uit alle vier hierboven beschreven experimenten blijkt de juistheid van deze veronderstellingen. Vreemd is echter, dat de bloeddruk in de arcus volaris prompt op een vasoconstrictie in den vinger (dus in alle vingers) met een toename reageert, echter in de experimenten 2 en 3, waarin de circulatie, op het einde van het experiment, vergeleken met het begin enorm is gedaald, *niet* is toegenomen.

In experiment 3 daalt de bloeddruk in de laatste 20 min. van dit experiment zelfs een weinig. Op grond van het hierbovengestelde ware zeker te verwachten, dat de druk in de arcus volaris, bij een zoo lage waarde voor de instroomsnelheid zou toenemen tot den druk in de art. brachialis, dit blijkt echter niet het geval. Bij afkoeling van den geheelen proefpersoon is het dus of er tusschen meetplaats van den bloeddruk in de arcus volaris (den vinger) en de art. brachialis een weerstand wordt ingeschakeld. Om dit laatste verder na te gaan, werd het laatste experiment (4) gedaan, waarbij ook de druk in de art. brachialis werd bepaald. Tusschen het 2^e en 3^e deel van dat experiment, werd de proefpersoon afgekoeld door het wegnemen van een deel van de kleding, en door de beide handen tot over den pols in koelwater te dompelen. Door beide daalt de instroomsnelheid sterk. De bloeddruk in de art. brachialis is iets gestegen, vergeleken met het begin van het experiment. De druk in de arcus volaris daarentegen is gedaald tot gemiddeld 70 mm Hg. in plaats van tot den druk in de art. brachialis te stijgen, zooals op grond van de lage waarden van de instroomsnelheid te verwachten ware. Deze bevindingen zijn geheel in overeenstemming met die in het hoofdstuk locale reactie op koude. In dat hoofdstuk toch werd bij een onderzoek naar de reden van het uitblijven van een reactie op afkoeling bij een kouden proefpersoon gevonden, dat die reden in een sterke vernauwing van de vaten proximaal van het gekoelde vingergedeelte te zoeken was. Toen werd opgemerkt, hoe deze invloed van koude op die vaten bij ver-

schillende proefpersonen verschillend sterk is. Dat die invloed bestaat, wordt op grond van deze experimenten wel zeer waarschijnlijk.

Een verband tusschen druk in de art. brach. en in de arcus volaris zou men zeker verwachten. In de beschreven experimenten blijkt hiervan echter weinig. In exp. 4 bewegen zich druk in art. brach. en arc. volaris herhaaldelijk tegen elkaar in. Dit behoeft echter niet te verwonderen. Immers, wanneer tijdens een toenemende systolische bloeddruk, de vaten in de vingerpulpa wijder worden en de perifere weerstand afneemt, daalt de stroomdruk in de arcus volaris. Wanneer die vasodilatatie in het geheele lichaam zou plaats vinden, zou de systolische bloeddruk echter dalen. Reeds werd op de publicaties van HERTZMANN, GRANT e.a. gewezen, welke verschillen in vaatreacties tusschen verschillende lichaamsdeelen aantoonden. Tijdens deel II van het experiment 4 is de systolische bloeddruk gestegen door de indompeling van de beenen in koud water, welke in dit geval waarschijnlijk een vasoconstrictie in groote vaatgebieden veroorzaakt (cold-pressor test).

Samenvattende blijkt dus:

1. Instroomsnelheid en stroomdruk in de arcus volaris veranderen tegengesteld aan elkaar.

2. Bij den „kouden” proefpersoon is het zeer waarschijnlijk, dat vaten proximaal van de plethysmograaf vernauwd zijn, in die mate, dat zij een belangrijke perifere weerstandsvermeerdering vormen.

3. De systolische bloeddruk in de arcus volaris kan deels onafhankelijk en zelfs tegengesteld aan den systolischen druk in de art. brachialis veranderen.

HOOFDSTUK VII.

BESPREKING DER RESULTATEN.

Aan het slot van ons onderzoek willen wij op enkele der in vorige hoofdstukken behandelde feiten wat nader ingaan, om ten slotte een samenvattend beeld van de circulatieveranderingen in den vinger te geven.

I. In de hoofdstukken II en III maakten wij kennis met *respiratorische circulatieveranderingen* en wel *a.* synchroon met de normale ademhaling en *b.* na een zucht. Deze mogen in het volgende, in verband met de resultaten van vroegere onderzoekers, nader worden toegelicht.

a. Het bestaan van volumeschommelingen synchroon met de ademhaling is lang omstreden. Zeker is het, dat zij bij een ongeschikte proefopstelling een kunstproduct kunnen zijn; n.l. wanneer de adembewegingen via den arm rhythmische bewegingen van den vinger in de plethysmograaf veroorzaken. In hoofdstuk I is aangetoond, dat het optreden van deze technische fout met onze plethysmograaf uitgesloten is. Wij kwamen dan ook tot het besluit, dat er werkelijk respiratorische bloedstroomvariaties in den vinger bestaan.

Bezien wij thans de vraag of deze variaties door vasomotorische werkzaamheid of door de wisselende aanzuiging van den thorax (dus mechanisch) veroorzaakt worden. Hierover is een en ander in de literatuur te vinden. GOETZ ⁽³¹⁾ constateerde slechts in één geval respiratorische volumeschommelingen in den vinger. Hij meent, dat deze door vasomotorische werkzaamheid moeten worden verklaard. Bij afsnoering van den bovenarm zouden ze blijven bestaan. Indien niet aanwezig, zouden deze volumeveranderingen op te wekken zijn door het laten ademen van een mengsel met 4% CO₂. GOETZ oppert de mogelijkheid van de werkzaamheid van het CO₂ in de periferie ter verklaring van deze golven. De rhythmiciteit der golven is daarmede natuurlijk niet verklaard.

In onze exp. gelukte het slechts éénmaal bij een proefpersoon, welke normaal geen resp. volumeschommelingen vertoonde, deze door het laten ademen van een 4% CO₂-lucht mengsel op te wekken.

Het is zéér waarschijnlijk dat het resultaat van proeven met het inademen van CO_2 ten zeerste afhangt van de weerstand die het gasmasker en de kleppen uitoefenen. Dit demonstreerde PETERS ⁽⁶⁷⁾ door proefpersonen tegen een weerstand in te laten ademen. De respiratorische schommelingen in het vingerplethysmogram werden dan veel duidelijker.

Dat respiratorische volumeschommelingen na afsnoering van den bovenarm blijven bestaan, kan ik niet bevestigen.

Merkwaardig is het ook door ons vastgestelde feit, dat overgang van thoracaal in abdominaal ademtype de golven doet verdwijnen (o.a. PETERS, ⁽⁶⁷⁾). De verklaring kan m.i. niet in intrathoracale drukverhoudingen worden gezocht.

MARTIN e.a. ⁽⁶¹⁾ onderzochten de oorzaak van respiratorische volumegolven o.a. bij den hond. Bij dit dier, indien het behoorlijk warm wordt gehouden, zijn golven van de 2e orde steeds aanwezig. Werd bij intacte innervatie de arteria femoralis afgeklemd, dan verdwenen de plethysmographische golven van de 2e orde in den poot direct. Bewegingen van den poot ten opzichte van de plethysmograaf waren dus niet in het spel. Bij doorsnijding van de geheele motorische-, sensibele- en sympathische innervatie van den poot, ook bij doorsnijding van het ruggemerg ter hoogte van Th. 12, bleven de golven van de 2e orde bestaan. Kunstmatige ademhaling bij *open* thorax doet de golven echter verdwijnen. MARTIN komt op grond van deze proeven tot de conclusie, dat de volumeschommelingen synchroon met de ademhaling mechanisch en wel door drukveranderingen in den thorax worden veroorzaakt. De grootte der golven hangt samen met de grootte van de drukveranderingen in den thorax en met de mate van vasodilatatie in de onderzochte extremititeit. Nerveuze invloeden zijn volgens hem van geen belang voor de plethysmographische golven van de 2e orde.

Bij het konijn vond ik, dat in den achterpoot respiratorische volumeschommelingen onmiddellijk na dichtdrukken van de art. femoralis verdwenen. Bij opgedrongen ademrhythme bleven zij bestaan, verdwenen echter bij open thorax.

De oorzaak voor het ontstaan van respiratorische volumeschommelingen kan met onze techniek, welke kunstproducten uitsluit en met gebruikmaking van proefpersonen na sympathectomie of traumatische zenuwletsels worden opgespoord. Voorloopig meen ik, dat voor een mechanische verklaring wel de meeste argumenten pleiten. Deze zijn:

1^o. de proeven van Martin op honden;

- 2°. het ontbreken van resp. volumeschommelingen na afsnoeren van den bovenarm;
- 3°. de invloed van ademen tegen een weerstand;
- 4°. een verschuiving der fasen kan door een meer of mindere stuwing van de extremiteit worden verkregen (UHLENBRUCK, ⁸⁷);
- 5°. bij den zeer warmen proefpersoon, wanneer de circulatie in den vinger een groote stabiliteit vertoont (pag. 63) en volumeveranderingen, welke zeker nerveus worden veroorzaakt niet meer optreden, blijven de hier bedoelde schommelingen aanwezig.

Tegen een mechanische opvatting echter pleit, dat in den vinger tijdens een reactie op koude, dus bij intensieve circulatie, het volume zelfs na een diepe ademhaling niet afneemt. In hoeverre dit wordt veroorzaakt, doordat dan andere vaten dan de onder normale omstandigheden geopende een rol spelen, valt niet te zeggen.

Ook de instroomsnelheid verandert met de ademhaling (pag. 76).

Tot deze veranderingen kan niet worden besloten op grond van de met de ademhaling varierende grootte van de volumepolsen (pag. 140). Deze instroomingsveranderingen worden in hooge mate overdekt door nerveus veroorzaakte wisselingen in de instroomsnelheid.

b. Geheel verschillend van de circulatieveranderingen synchroon met de ademhaling zijn de gevolgen van een enkele diepe, willekeurige of onwillekeurige ademhaling (een zucht). In de hoofdstukken II en III werd de invloed van zulk een diepe ademhaling op het volume, respectievelijk op de instroomsnelheid in den vinger nauwkeurig beschreven. Een invloed op het volume (volumedaling) van arm en been of vinger vonden o.a. UHLENBRUCK (⁸⁷), PETERS (⁶⁷), BOLTON (⁶) DOUPE (²²), BURTON (¹²), WILKINS (⁹⁴, ⁹⁵), MULINOS (⁶⁵), SCHULMAN (⁷⁴). Ook in den slaap blijft het effect bestaan, hetgeen UHLENBRUCK (⁸⁷) voor den arm aantoonde.

In hoofdstuk III zagen wij hoe de instrooming als gevolg van een zucht tot nul kan dalen. De reactie treedt in alle vingers, mits van gelijke temperatuur, gelijktijdig op. Zoowel volume- als instroomingsafname zijn in alle vingers even groot per 10 cc. vinger. Ook in de teenen volgt een snelle volumeafname op een diepe inspiratie (DOUPE (²²), BOLTON (⁶)). De reactie is ook dan synchroon met die in de vingers. In de huid van voorhoofd en in het neusseptum is zij niet aanwezig of zelfs omgekeerd, zooals DILLON (²¹) met behulp van de door HERZMANN (⁴³) geconstrueerde photoëlectrische plethysmograaf vaststelde. ABRAHAMSON (²) e.a. zien in de hand een afname van de

instroomsnelheid na een diepe ademhaling, echter veel kleiner per 10 cc weefsel dan wij in den vinger constateerden. In den onderarm alleen (de hand bevond zich buiten de plethysmograaf), welke naar hun schatting voor 85% uit spieren bestaat, werd echter geen afname van volume of instrooming door een diepe ademhaling gevonden. SCHULMAN (⁷⁶) meent, dat in den onderarm *alleen* in de *huid* een geringe vasoconstrictie na een diepe ademhaling voorkomt. HERZMANN (⁴⁴) vindt in de huid van den onderarm een vasoconstrictie, maar in die van het voorhoofd een vasodilatatie. Over de reactie van andere huidgebieden en van de ingewanden is niets bekend. Een vasoconstrictie na een zucht is dus niet overal in het lichaam, maar toch wel in vele huidgebieden, aanwezig.

Alvorens tot een verdere bespreking van deze merkwaardige reactie over te gaan zij hier uiteengezet, hoe deze volume- en instroomingsverandering door een zucht verschilt van de circulatieveranderingen door rustige ademhaling.

De volumeafname na een zucht is snel en groot (tot 200 mm³), de toename erna langzamer. Beide fasen duren tot 30 sec. De volumeschommelingen met de ademhaling zijn klein (tot 30 mm³), af- en toename even snel, beide fasen duren den tijd van één inspiratie en expiratie. De eerste is in de warme hand steeds op te wekken en overdekt alle andere circulatieschommelingen. De tweede zijn alleen te zien, wanneer geen andere volumeschommelingen aanwezig zijn. De volumedaling door een diepe ademhaling gaat met een enorme daling (dikwijls tot nul) van de instrooming gepaard. Door een rustige ademhaling neemt de instrooming maar zeer weinig af en wel alleen tijdens de inspiratie. Ook hier overdekken instroomingsveranderingen van anderen oorsprong (zucht, prikkel, spontaan) altijd die der ademhaling.

Hoewel het dan ook voor de hand zou liggen, het effect op de circulatie van een diepen zucht als de versterking van den invloed der ademhaling op de circulatie op te vatten, is dit niet juist. Er bestaat ten aanzien van het effect van verschillend diepe zuchten een soort „alles- of niets” verhouding. Bij een gesaccareerde diepe inspiratie treden pas bij een zekere diepte volume- en instroomingsafname op, maar dan ook even plotseling en even sterk als bij een gewonen zucht. Een grooter aantal zuchten heeft geen sterker effect op de circulatie dan een enkele, maar vertraagt slechts het herstel. Dit vonden ook BOLTON (⁶) en GOETZ (³¹). Beproeven wij thans een nadere verklaring van deze reactie.

Meenden wij, dat de invloed van de respiratie op de vingercirculatie

mechanisch moet worden verklaard, de invloed van een zucht op die circulatie komt zeker door een perifere vasoconstrictie tot stand. De volgende feiten bewijzen dit.

BOLTON ⁽⁶⁾, LIEB ⁽⁶⁰⁾ vinden na eenzijdige cervicale of lumbale sympathectomie geen volumedaling na een zucht in de vingers of teenen aan de geopereerde zijde. Bij een patient met een cervicale sympathectomie konden wij dit bevestigen. DOUPE ⁽²²⁾ beschrijft hoe na lumbale sympathectomie de reactie in de teenen ontbreekt. Bij een geïsoleerde laesie van de cauda equina was de reactie echter wel aanwezig (BOLTON ⁽⁶⁾). Het schijnt dus, dat de circulatie-afname in de vingers en teenen als gevolg van een zucht gebonden is aan de aanwezigheid van de sympathische innervatie. De reactie is daarentegen onafhankelijk van sensibele en motore vezels. Bij afsluiten van de circulatie naar de hand door een bloeddrukmanchet, reageert de vinger op een zucht met een kleine volume-afname. GOETZ ⁽³¹⁾, BOLTON ⁽⁶⁾ vinden hetzelfde, zij snoerden echter hooger af.

Voor een vasomotorische oorzaak van de circulatieveranderingen door een zucht pleit bovendien, dat de volume- en instroomingsafname hun maximum vaak eerst bereiken tijdens de expiratie, dus nadat de mechanische invloeden hebben opgehouden te bestaan. Ook het feit, dat de volume- en instroomingsdaling na een zucht in de koudere vingers veel later optreden (fig. 14, 15) en in den sterk gekoelden vinger (tijdens een reactie op koude) geheel ontbreekt, is niet te begrijpen, wanneer wij een mechanische oorzaak voor het effect van een zucht zouden aannemen.

De afname van instrooming en volume na een zucht berust dus op een vasoconstrictie via den sympathicus. Of de tragere reactie in een kouderen vinger door verminderd snelle nerveuze voortgeleiding of door tragere vaatreactie plaats vindt, is niet te zeggen. Het laatste is wel het waarschijnlijkste.

Een volgende vraag is: *welke vaten vernauwen zich na een diepe ademhaling?*

De grootere vaten, art. radialis, ulnaris, arcus volaris en ook de art. digitalis doen niet merkbaar mede aan de vasoconstrictie. De pols blijft steeds goed voelbaar. Tegen het contraheeren van de art. digitalis en de arcus volaris pleiten de uitkomsten in fig. 44 en 45. Tijdens een zucht stijgt de bloeddruk in de art. digitalis, bij gelijk gebleven of zelfs gedaalden druk in de art. brachialis. Dit is onmogelijk bij een, de circulatie belangrijk beperkende, constrictie van vaten proximaal van den stuwband. Het is ook onwaarschijnlijk, dat een massale vernauwing van de capillairen volume- en instroomings-

afname na een zucht veroorzaakt. Volgens KROGH (⁵⁰) bevindt het in den vinger aanwezige bloed zich grootendeels in de capillairen. Wanneer het dus de capillairen waren, welker vernauwing zoowel afname van stroomsnelheid als ook van volume zou veroorzaken, dan zou men verwachten, dat de instroomsnelheid en het volume in gelijken zin en gelijktijdig toe- en afnamen. Dit is, zooals op pag. 136 werd besproken, niet het geval. Regel is, dat de instrooming reeds toeneemt, terwijl het volume nog daalt.

MULINOS (⁶⁵) stuwde den bovenarm tot 70 mm.Hg. 2—3 sec. na de inspiratorische phase van een zucht. Dan zag hij de pulsaties in de capillairen van het nagelbed stoppen en een klein aantal capillairen verdwijnen. Bij herstel van de circulatie zijn ze echter direct op dezelfde wijfde als daarvoor. Dit wijst erop, dat ze waarschijnlijk niet gecontraheerd waren, doch slechts onzichtbaar werden, bijvoorbeeld door „plasma-skimming”. Het bovenvermelde plotselinge stoppen van den bloedstroom in de capillairen wijst op een obstructie dicht bij die capillairen. Bij afsnoeren van de art. brachialis blijft n.l. nog tot 60 sec. lang de bloedstroom in de capillairen voortduren, doordat de kleinere arteriën zich in de subpapillaire venenplexus ontledigen.

Wanneer de hand goed warm is, is er, volgens MULINOS, gemakkelijk een capillaire pols in het nagelbed te zien. Na een zucht nemen de pulsaties in de capillairen (welke te samen den volumepols vormen) veel sneller in grootte af dan het vingervolume (fig. 11). Ook dit pleit voor een vaatvernauwing proximaal van de capillairen.

In het konijnenoor, dat in allerlei reacties op lichaamsverwarming, afkoeling, locale koude, schrik en pijnprikkels, en ook op een zucht, op gelijke wijze als de vinger reageert, zag ik herhaaldelijk (in doorzichtige praeparaten volgens CLARK (¹⁸) door Mej. Dr. M. M. M. Broekema vervaardigd) dat zich in hoofdzaak de kleinere arteriën en de arterio-veneuze anastomosen na een spontanen zucht vernauwden. Soms doen hieraan echter ook de grootere arteriën mede. Het gedrag der capillairen gelijkt op dat door MULINOS (⁶⁵) voor den vinger beschreven. Op grond van al het bovenstaande meen ik, dat de reflectorische vasoconstrictie na een zucht in de kleinste arteriën, arterioli en arterioveneuze anastomosen tot stand komt. De capillairen veranderen hierbij passief hun volume. De grootere arteriën (t/m de art. digitalis) spelen geen rol.

Over de receptoren van de reflectorische vasoconstrictie na een zucht bestaat onzekerheid. Een diepe buikademhaling bij gefixeerden thorax heeft volgens BOLTON (⁶), PETERS (⁶⁷) geen invloed op het vingervolume. De prikkel gaat dus waarschijnlijk van borstwand, pleura

of long uit. Bij een gesaccadeerde diepe ademhaling treedt eerst bij een zekere diepte vasoconstrictie op. Evenzoo bij een langzame, diepe inspiratie; de benoodigde ademdiepte is dan echter grooter. Geforceerde expiratie heeft geen effect. BOLTON ⁽⁶⁾ komt in een onderzoek tot de slotsom, dat noch veranderde gassamenstelling, noch verandering van vochtgehalte of temperatuur van de ingeademde lucht, de reflex veroorzaken.

Het meest waarschijnlijke is, dat de afferente prikkel van den thoraxwand uitgaat, daar longrekking en drukverhoudingen in de pleura immers ook bij een diepe buikademhaling veranderen. „Bewust” behoeft de gewaarwording niet te zijn, in den slaap bestaat de reactie ook. CARMICHAËL e.a. ⁽¹⁴⁾ stelden met een vinger-plethysmograaf vast, dat het opblazen van een in het duodenum gebrachte ballon een vasoconstrictie in den vinger veroorzaakte. Dit was vooral het geval, wanneer de proefpersoon voelde, dat er „iets” gebeurde. De gereproduceerde curven gelijken veel op die na een diepe ademhaling. Of er verband tusschen dit feit en de slechte perifere circulatie, bijvoorbeeld bij een hooge ileus of een acute maagdilatatatie bestaat, moge in het midden worden gelaten. Een onderzoek in deze richting zou zeker interessant zijn.

De vraag naar de *beteekenis der reactie* van den vinger op een diepe ademhaling is voorhands speculatief. Men zou kunnen meenen, dat met de vasoconstrictie in vingers en teenen groote huidgedeelten en mogelijk ook andere organen meedoen. In dat geval zou er, zooals bij een miltcontractie, snel een hoeveelheid bloed in de circulatie worden gebracht, hetgeen zijn nut kan hebben. (Gapen bij verbloeding!) Op grond van de onderzoekingen o.a. van HERZMANN ⁽²¹⁾ is de omvang van deze reactie echter onzeker. Wanneer door een zucht een groote hoeveelheid bloed snel in de circulatie zou worden gebracht, zou een stijging van den bloeddruk, vooral systolisch, te verwachten zijn. Deze vond ik niet, vaak zelfs een kleine daling. Het is dus waarschijnlijk, dat bij een zucht er alleen een andere bloedverdeeling plaats vindt. Over den omvang en beteekenis hiervan laat zich zonder verder onderzoek niets zeggen.

Locaal, in de art. digitalis, stijgt de druk soms tot bijna dien in de art. brachialis. Dit is echter begrijpelijk door de symmetrie en synchronie der reactie in alle vingers. Hierdoor meten wij aan de arteria digitalis niet anders dan den „stroomdruk” in de arcus volaris (Hoofdstuk VI, pag. 142). Het is dus mogelijk, dat de zucht ook nog een plaatselijke beteekenis heeft door een niet onbelangrijke plaatselijke bloeddrukstijging. Ten slotte moge er op worden gewezen, dat het

onderzoek van de reactie op een zucht van beteekenis is voor de diagnostiek, b.v. betreffende sympathicusstoornissen of vaatziekten en het al dan niet welslagen van een volledige sympathectomie.

In de Amerikaansche literatuur treft men een aantal onderzoekingen aan over den invloed van het rooken op de periphere circulatie. Deze zijn van belang, omdat van een aantal vaatziekten de oorzaak in veel rooken wordt gezocht. WRIGHT ⁽⁹⁶⁾, SILBERT ⁽⁷⁷⁾ vinden een vasoconstrictie in de hand tijdens het rooken van tabak. MULINOS ¹⁾ vindt, dat de instrooming in de hand afneemt bij het rooken, echter *ook* van nicotine-vrije tabak! Beide echter alleen bij inhalatie, dus bij een diepen vorm van ademhaling. Hij meent, dat het voornamelijk de wijze van ademhaling bij het rooken is, welke, naast een zekere irritatie van de luchtwegen, een vasoconstrictie veroorzaakt. ABRAHAMSON ⁽²⁾ vindt een vasoconstrictie in de hand, echter niet in den onderarm. Hij meent, dat alleen de huid met een vasoconstrictie op het rooken reageert. Een van mijn proefpersonen, een niet-rooker, reageerde steeds met een vasoconstrictie wanneer in zijn nabijheid werd gerookt. Dit was ook het geval met een proefpersoon (rooker), welke trek aan een sigaret had!

Wij zien hieruit hoe voorzichtig bepaalde uitkomsten moeten worden beoordeeld.

Van een langdurige nawerking van het nicotinegebruik is nooit iets gezien en deze zou men toch moeten veronderstellen indien het rooken iets met verschillende vaatziekten (RAYNAUD, BÜRGER) te maken zou hebben.

II. Andere reactieve veranderingen in de vingercirculatie.

Veel gelijkende op de circulatieveranderingen na een zucht zijn plotselinge, echter meestal kleinere, dalingen van volume en instroom-snelheid, die spontaan of na een prikkel optreden. Deze vasoconstricties zijn in hoofdstuk II en III beschreven. Op talrijke soorten prikkels is de reactie steeds gelijk: pijn-, warmte- en koude-, geluid-prikkels en ook als gevolg van psychische werkzaamheid van den proefpersoon („Einstellungs-Akte", KÜPPER ⁽⁵¹⁾). De prikkels hebben echter niet een constant effect, maar dit is van de omstandigheden en het al of niet herhaalde optreden afhankelijk. Dit merkten wij in hoofdstuk I op, toen bleek, dat *regelmatig* opblazen van de stuwmanchetjes, op den duur geen vasoconstrictorisch effect meer had.

¹⁾ Proc. Am. Phys. Soc. 125. 629. 1939.

Dit beteekent, dat de prikkelwaarde in hooge mate afhankelijk is van het onverwachte, het insultatieve karakter van den prikkel. Naast sterkte en insultatief karakter van den prikkel, is de plaats waar deze wordt toegediend van belang, vooral bij temperatuurprikkel. Zoo is de reactie bij een enkelen druppel water op den rug zeer sterk. Dikwijls huivert de proefpersoon dan. GILDEMEISTER (³⁰⁰) meent, dat dit een komponent van een algemeene sympathische reflex is; de vasoconstrictie in vingers en teenen is hiervan weer een onderdeel. Afkoeling van één vinger echter is geen voldoende prikkel om een algemeene vasoconstrictie te veroorzaken. (Hoofdstuk IV). De verschillende deelen van het lichaam zijn in dit opzicht zeker niet gelijkwaardig. Het is hier niet de plaats een topografie van het lichaam voor de gevoeligheid voor verschillende temperatuurprikkel te ontwikkelen. Heeft afkoeling of verwarming van één vinger geen vasomotore gevolgen in andere vingers, bij verwarming of afkoeling van een geheele hand, arm of been is deze invloed zeer duidelijk. Opvallend is het, hoeveel frequenter er een reactieve vasoconstrictie optreedt, dan een vasodilatatie. Door kunstmatige prikkels, zelfs door een warmteprikkel, konden wij geen plotselinge en blijvende vasodilatatie opwekken, wel echter op een sterke koudeprikkel (b.v. door het dompelen van de beenen in koud water) (Fig. 29, 30). Verwarming van een vinger alleen heeft geen enkele vasomotore werking op andere vingers. Verwarming van de hand wordt eerst werkzaam wanneer de temperatuur boven de lichaamstemperatuur komt (FREEMAN (²⁵)). Verwarming van de beenen door dompelen in warm water geeft eerst een kortdurende vasoconstrictie en is daarna geen prikkel meer, doch alleen middel tot „body-warming” in den zin van GIBBON (³⁰), UPRUS (⁸⁸). Des te merkwaardiger is de in hoofdstuk IV vastgestelde temperatuuroptoenname van andere vingers, wanneer in één vinger een koudereactie wordt opgewekt. Toch betreft het hier slechts temperatuurstijgingen in den gekoelden vinger van slechts enkele graden. Een verklaring voor dit feit weet ik niet. Wel is de sensatie van pijn en tintelende warmte veel opdringender en dus eerder aanleiding tot een reactie dan een locale matige verwarming. In dit verband zij gewezen op de heftige pijnlijkeheid van arterio-veneuze tumortjes aan den vinger bij afkoeling, waardoor zeer sterke vasomotorische reacties in het heele lichaam, halfzijdig zweeten en dgl. kunnen worden opgewekt (MASSON (^{62, 63})).

Daar ook in den vingertop vele van deze rijk van sympathische vezels voorziene anastomosen (MASSON (⁶³), SUCQUET (⁸²), HOÏER (⁴⁸), GROSSER (³⁹), GRANT (³³), POPOFF (⁶⁸), CLARA (¹⁶)) voorkomen, bestaat de mogelijkheid, dat vooral de prikkeling van dit uitgebreide

sympathische net van de arterio-veneuzen anastomosen (dat voor MASSON aanleiding was voor den naam „glomus neuro-vasculaire”) een uitbreiding der reactieve vasodilatatie bij sterke afkoeling ook in de niet gekoelde vingers veroorzaakt. Het is dan ook begrijpelijk dat deze, voor de niet gekoelde vingers van centraal komende vasodilatorische impuls, niet aanwezig is in de gekoelde hand. (R_4 in fig. 38). In hoofdstuk II en III toch werd aangetoond, dat beneden een temperatuur van 18° C. de vingers niet meer reageeren op centrale vaatverwijdende en vernauwende impulsen.

Na sympathectomie blijft de reactie van den vinger op koude aanwezig (LEWIS (⁵²); een sympathische temperatuurstijging in andere vingers blijft echter uit. Ook de reactie op pijn, geluid enz. verdwijnt na sympathectomie. Op een zeer sterken koudeprikkel echter kan volgens FREEMAN (²⁶) de sympathicus vrije zijde nog met een vertraagde vasoconstrictie reageeren. Dit zou op de grootere gevoeligheid der vaten aan die zijde voor adrenaline berusten FREEMAN (²⁶), SMITHWICK (⁷⁹). Bij praeganglionaire sympathectomie is de gevoeligheid minder groot. Voor het konijnenoor is dit bevestigd door GRANT (⁸⁸). Als test op de volledigheid van een eenzijdige sympathectomie is het onderzoek op de reactie na een zucht daarom van meer waarde dan de reactie op een sterken koudeprikkel.

De langzame, spontane volume- en instroomingsgolven, zooals wij die in hoofdstuk II en III bij den behagelijk warmen proefpersoon vonden, zijn het onderwerp van een groot aantal onderzoeken geweest. Voor de betreffende literatuur zij naar UHLENBRUCK (⁸⁷), PETERS (⁶⁷), GOETZ (³¹) verwezen.

Die golven worden in den vinger frequenter dan bij volume- en instroomingsmeting in den arm, door circulatieschommelingen van de hiervoor behandelde soort onderbroken. Dit is een gevolg van de veel grootere vasolabiliteit van de huid dan van de spiermassa waaruit de onderarm voor 85% bestaat (ABRAHAMSON (²)). Herhaaldelijk worden de langzame golven in verband gebracht met de bloeddruk-golven van HERING en TRAUBE (^{42, 85}), o.a. door BURTON (¹¹), UHLENBRUCK (⁸⁷), FREEMAN (²⁵). Nimmer vond ik echter een bloeddrukverandering in de art. brachialis tegelijk met deze soort circulatieschommelingen in den vinger.

De interessante reactie van den vinger op sterke afkoeling verdient nog nadere beschouwing. Allereerst willen wij een poging tot verklaring dezer reactie doen.

III. Hoe moet de locale koude reactie verklaard worden?

Het onderzoek naar het mechanisme van de koude reactie in den vinger leerde, dat de veranderingen in bloedstroom en volume niet reflectorisch, maar door de *plaatselijke inwerking* van de koude ontstaan.

Twee vragen blijven ter beantwoording over, n.l.:

1. of de sterke afkoeling als zoodanig op de bloedvaten inwerkt, dan wel of er door de koude in de weefsels een stof ontstaat, waarop de vaten reageeren;
2. welke vaten het zijn, die de verandering in stroomsnelheid en in volume bepalen.

1. Wat de *eerste* vraag betreft, zijn er verschillende feiten, die er voor pleiten, dat door de afkoeling in de weefsels een stof vrijkomt, die op de vaten inwerkt. Het is LEWIS geweest, die deze meening verdedigde. Hij onderstelt, dat bij alle weefselbeschadiging van ernstigen aard, maar ook bij alle mechanische en thermische prikkels *histamine* ontstaat, een stof, die sterke verwijding van bloedvaten, vooral van de capillairen, veroorzaakt. Over de werking van het histamine op de verschillende soorten van bloedvaten, bestaat, niettegenstaande een uitgebreide literatuur, nog onzekerheid, vooral omdat gebleken is, dat het effect van deze stof van verschillende physische en chemische voorwaarden afhankelijk is. Bovendien gaat het hier steeds om uiterst geringe concentraties, die lokaal veranderen door de stofwisseling in de cellen, de permeabiliteitsverhoudingen en den bloedstroom.

Hoewel dan ook de algemeene invloed van histamine op de plaatselijke bloedvatwijdte door vele proeven bewezen is, toch kan men de wisselende effecten van thermische prikkels, evenmin als de individuele verschillen, precies verklaren.

Dat echter *ook* de door ons beschreven locale reactie op sterke afkoeling, de periodieke toe- en afname van stroomsnelheid en bloedvulling, door histamine of door een stof met gelijksoortige werking wordt veroorzaakt, is op de volgende gronden wel waarschijnlijk.

a. LEWIS⁽⁵²⁾ vond, dat bij een patient met een recente n. ulnaris doorsnijding de koude reactie in den getroffen vinger niet was verminderd, maar zelfs was toegenomen. Na 20 dagen echter ontbrak de reactie geheel, alsook de normale huidreactie op een histamineprik in het anaesthetische gebied. Na doorsnijding van den sympathicus blijft de reactie op afkoeling aanwezig. Hierbij zijn de afferente vezels niet gestoord. Deze vezels (althans de zeer dunne en sterk vertakte)

bevinden zich voor een deel in de wanden der bloedvaten, zelfs waarschijnlijk in den capillairwand. Hun prikkeling geeft pijn, terwijl hun normale functie vermoedelijk in de nerveuze regulatie der circulatie moet worden gezocht. Bij sterke afkoeling zouden in deze vezels de axonreflexen verlopen, die volgens LEWIS door het histamine worden opgewekt.

b. Ook het verloop der gewaarwordingen tijdens een reactie op afkoeling, zooals deze op pag. 102 werden beschreven, laat zich het beste verklaren door de onderstelling, dat de afkoeling een stof (histamine?) vrij maakt, die de dunste afferente vezels prikkelt, die de z.g. diepe, doffe pijnen geleiden.

c. Wij vonden (fig. 35), dat er een volumetoename zonder toename van instroomsnelheid kan bestaan, wanneer de grootere vaten in de hand door koude vernauwd zijn. Daarbij bleek het, dat de volumetoename, berustende op een verwijding der capillairen en kleinste venae, niet, zooals anders, weer terugging, maar bleef voortbestaan. Ook bij onze diabetespatienten volgde op afkoeling van den vinger hierin geen stijging van de instroomsnelheid, hetgeen uit het uitblijven van een temperatuurstijging bleek. Het vingervolume echter nam wel toe en eerst zeer langzaam weer af. Deze feiten laten zich eenvoudig met de histaminetheorie verklaren. De ontbrekende toename van de stroomsnelheid zal immers het histamine langeren tijd ter plaatse laten, dan wanneer met de volumetoename ook de bloedstroom toeneemt, zooals dit bij de normale koudereactie het geval is.

d. Ten slotte verklaart de onderstelde vorming van histamine (of een stof met gelijksoortige werking) door koude ook het periodiek toenemen en afnemen van volume en stroomsnelheid, welke periodische wisselingen zelfs 2 uur lang kunnen voortduren. Men moet dan aannemen, dat het histamine (direct en door axonreflexen) zoowel de vaten verwijdt die de bloedvulling, als ook die, welke de bloedstroom bepalen. De sterke stijging in bloedstroom doet de temperatuur toenemen en de histamineproductie afnemen, terwijl het aanwezige histamine wordt afgevoerd. Hierdoor dalen zoowel de instroomsnelheid als ook het volume en daardoor de temperatuur in den vinger. Dit laatste veroorzaakt weer meer histaminevorming. Men zou verwachten, dat zich spoedig een evenwichtstoestand instelt tusschen de tonus der vaten en het vrijkomen en afvoeren van het histamine. Dit geschiedt ook inderdaad, maar meestal eerst na geruimen tijd. In alle gevallen is echter de eerste reactie het sterkste en nemen de volgende in sterkte af. Het vertraagde optreden van een evenwichtstoestand laat zich verklaren door het aannemen van een bij voortdurende afkoeling

veranderende histamineproductie en gevoeligheid der bloedvaten (ev. zenuweindigingen) voor deze stof. Deze onderstelling is te meer waarschijnlijk, daar ook bij andere huidprikkel, b.v. warmte en vooral licht, een verandering der prikkelbaarheid van de vaten aantoonbaar is.

2. De *tweede* vraag, welke vaten het zijn die de verandering in volume en stroomsnelheid bepalen, meen ik aldus te moeten beantwoorden, dat het vingervolume van de wijdte der capillairen en kleinste venen, de stroomsnelheid van de wijdte der arteriolen en vooral ook van de arterio-veneuze anastomosen, afhankelijk is.

Deze opvatting komt met de gangbare meening in de physiologie in zooverre overeen, dat algemeen wordt aangenomen dat de arteriolen de weerstand in de bloedcirculatie vormen en dus de stroomsnelheid bepalen, de capillairen en venulae door hun sterk wisselende wijdte veel of weinig bloed kunnen bevatten. Door histamine, zoo zegt men, verbloedt een dier in zijn eigen capillairen.

Het bijzondere echter bij de vaatverhoudingen in den vinger is de aanwezigheid hierin van arterio-veneuze anastomosen en de vraag is, welke rol deze bij de koude reactie vervullen.

Een korte toelichting over de arterio-veneuze anastomosen en hun voorkomen in den vinger moge hier volgen.

SUCQUET ⁽⁸²⁾, HOYER ⁽⁴⁸⁾, GROSSER ⁽³⁹⁾, GRANT ⁽³³⁾, MASSON ^(62, 63) beschreven deze anastomosen bij den mensch. Een goed overzicht van de beschikbare literatuur is te vinden bij CLARK ⁽¹⁷⁾ en CLARA ⁽¹⁶⁾. Aan de klassieke beschrijvingen van HOYER en GROSSER valt weinig meer toe te voegen. Het blijkt, dat bij den mensch in vingertop, thenar, hypothenar en mogelijk in de oorlel, mikroskopisch goed herkenbare kortsluitingen tusschen arterioli en venen voorkomen. Volgens HOYER, GROSSER en GRANT liggen in den vingertop de meeste anastomosen tusschen de subpapillaire venen plexen en de laag, waarin de zweetkliertjes van de huid zijn gelegen. De anastomosen vormen dus een verbinding tusschen de fijnste vertakkingen der beide arci, die de art. digitales in den vingertop vormen en de venen van de subpapillaire plexen. Tusschen de anastomosen in de vingerpulpa en in het nagelbed bestaan enkele hier niet ter zake doende verschillen.

De vorm van de anastomosen is zeer kenmerkend. Trechtersvormig ontspringt de anastomose uit het voedende arterietakje. Ook wanneer de anastomose gesloten is, blijft dit trechtertje bestaan. Soms weinig, in den regel sterk geslingerd tot een kluwen (glomus, MASSON), gaat het arterieele deel van de anastomose plotseling in het veneuze deel over. De vene is wijder en heeft een dunnere wand. De uitmonding

in de afvoerende vene noemt CLARK ⁽¹⁸⁾ „Funnel”; deze blijft ook bij gesloten anastomose steeds zichtbaar. Soms ligt de sterk gewonden anastomose, de geheele „glomus” dus, in een stug bindweefsel van lamellaire structuur. De anastomosen in het nagelbed zouden meer gestrekt verlopen. Op de fijnere microscopisch anatomische kenmerken wil ik hier niet nader in gaan; zij zijn in de opgegeven literatuur te vinden. ¹⁾

De zenuwverzorging van de anastomosen is zeer rijk; vandaar de naam glomus neuro-vasculaire (MASSON ⁶², ⁶³). Het zijn alle merglooze vezels, afkomstig van de plexen van arteriën en venen in den vinger. Het dichtste is het zenuwnetwerk om het arterieele deel van de anastomosen. Het aantal anastomosen per cm² oppervlak in den vinger is volgens GRANT in het nagelbed 500, in den vingertop (pulpa) 236, aan de palmaire zijde van de 3e phalanx 150, aan de palmaire zijde van de 2e phalanx 20, geen aan de dorsale zijde van den vinger. MASSON en POPOFF ⁽⁶⁸⁾ vinden een afnemend aantal anastomosen in den vinger naar proximaal. HOYER en GROSSER noemen het aantal anastomosen in den vinger zeer groot zonder echter getallen te vermelden. De functie laat zich uit de anatomische gegevens niet afleiden. HEIMBERGER ⁽⁴¹⁾ zou arterio veneuze anastomosen in vivo in een daartoe geschikten vinger hebben waargenomen. KROGH ⁽⁵⁰⁾ acht dit onwaarschijnlijk en met het oog op de groote technische moeilijkheden, vergissingen niet uitgesloten. In de eindphalanx zag HEIMBERGER een groot aantal deels gesloten anastomosen als verbinding tusschen arteriolen en venulen. Soms pulseert het bloed in de venulen, terwijl het in de bijbehorende capillairen stagneert. Op grond van aantal en plaats der anastomosen kan echter worden verondersteld, dat zij in staat zijn een zeer groote hoeveelheid bloed per tijdseenheid, buiten de capillairen om, te laten passeeren. De krachtige spierwand maakt het voorts vrij zeker, dat zij zich volledig kunnen sluiten. Het is dus best mogelijk, en zelfs waarschijnlijk, dat de anastomosen een belangrijke rol in het ontstaan der reactie van den vinger op afkoeling spelen. Een inzicht over de functie der arterioveneuze anastomosen bij den mensch zal alleen indirect, door het experiment, of anders naar analogie van voor mikroskopisch onderzoek toegankelijke dierlijke praeparaten, kunnen worden verkregen. Voor de belangrijke rol, welke de arterio veneuze anastomosen m.i. spelen bij het tot stand komen van de reactie van den vinger op sterke afkoeling, pleit het volgende.

¹⁾ Interessant is nog, dat de anastomosen bij abnormalen groei als tumortje in den regel in het nagelbed, voorkomen. (MASSON ⁽⁶²⁾). Deze tumortjes zijn goedaardig, kunnen echter bij temperatuurwisseling, vooral bij afkoeling zeer pijnlijk zijn.

a. Wij vonden vaak een onafhankelijkheid van de stroomsnelheid en het vingervolume. Bij twee elkander opvolgende reacties kan het voorkomen, dat in de tweede reactie het vingervolume $3 \times$ meer toeneemt dan in de eerste, terwijl de instroomsnelheid dezelfde waarde bereikt. Een dergelijk groot verschil wijst m.i. op kortsluitingen tusschen arteriën en venen, die bij de reactie op koude — tesamen met of onafhankelijk van de capillairen (en venulae) — opengaan (Zie Hoofdstuk VI).

b. In den vingertop is de koudereactie sterker dan in de 2e phalanx (fig. 27). Dit zou te verklaren zijn door het bovengenoemde groote verschil in aantal arterio-veneuze anastomosen.

c. De reactie op afkoeling komt alleen daar voor, waar arterio-veneuze anastomosen worden gevonden, bijvoorbeeld niet in de huid van onderarm of handrug.

d. Bij oudere diabetici ontbreekt doorgaans de toename in stroomsnelheid bij afkoeling van den vinger. Interessant is het, dat POROFF (⁶⁸) aantoonde, dat juist bij diabetici de anastomosen hyaline degeneratie vertoonen en vaak geoblitereerd zijn. Bij een aantal praeparaten van even oude personen vond hij de voor den leeftijd typische arterio-sclerotische veranderingen, die echter *niet* in de arterio-veneuze anastomosen gelocaliseerd waren. Deze personen vertonen wel een reactie op koude.

Gaan wij thans na, wat er bij het dier door directe waarneming omtrent de reactie op sterke afkoeling bekend is.

CLARK (¹⁸) construeerde een doorzichtige kamer, welke in het konijnenoor kon worden geplaatst. Hij praepareerde ter weerszijden van het oor de epidermis en het kraakbeen af, zoodat een zeer dun weefselfilmpje tusschen twee micaplaatjes kon worden gesloten. Een dergelijk praeparaat kon maandenlang goed blijven. ¹⁾

Onder het microscoop zijn de vaten in het konijnenoor, bij doorvallend licht, prachtig te bestudeeren. GRANT (^{36, 35}) gebruikte de ooren van jonge albino konijnen, welke geëpileerd waren. De dieren waren in narcose. Zij werden door een binoculair microscoop, bij doorvallend licht, bekeken bij een vergrooting van 10 tot 100. Met beide methoden zijn talrijke arterio-veneuze anastomosen in het konijnenoor te zien, wanneer het dier niet te koud is. Bij koeling van de ooren beneden 15° openen zich na eenigen tijd de anastomosen, later gevolgd door een deel van de capillairen en grootere vaten. De stroomsnelheid en de temperatuur stijgen daardoor snel. Er is een enorme circulatie

¹⁾ Deze experimenten werden, iets gewijzigd, nagedaan door Dr. M. M. M. BROEKEMA (⁸) in het Physiol. Lab. te Groningen.

door de wijdgeopende anastomosen. De stroom in de capillairen blijft langzaam, en staat in gedeelten van het praeparaat vaak stil. De stroomsnelheid neemt niet toe, ondanks reeds geopende anastomosen, wanneer niet ook de grootere vaten in het gekoelde deel wijd zijn geworden.

In alle opzichten gelijkt de temperatuurreactie op die in den gekoelden vinger. Een sterk afgekoeld konijn (lagere rectale temperatuur) vertoont de reactie op afkoeling aan het oor niet, doordat de middelgrote arteriën in het oor vernauwd zijn.

Ook hier dus bestaat een vergaande analogie met de „koude” proefpersoon waarbij de reactie van den vinger op afkoeling uitblijft (pag. 114 e.v.).

Het lijkt mij toelaatbaar een vergelijking tusschen de reactie op koude in den vinger en in het konijnenoor te maken. Waar in het oor blijkbaar de stroomsnelheid voor een groot deel van de arterio-veneuze anastomosen afhangt, ligt het voor de hand ook bij de koude reactie in den vinger aan deze anastomosen een functioneele beteekenis toe te kennen bij de locale regulatie van de temperatuur.

IV. Wat beteekent „standaardconditie” in physiologischen zin?

In voorgaande hoofdstukken werd steeds met eenigen nadruk vermeld, dat de proefpersoon in „standaard”conditie verkeerde. Welke de voorwaarden daarvoor waren, bepaalde houding, behagelijk warm, enz. werd in hoofdstuk I beschreven. Aan de hand van de verkregen resultaten verdienen enkele punten nadere toelichting.

1°. Op het belang van een gelijke houding in alle experimenten behoeft niet verder te worden ingegaan. De positie van de hand t.o.v. het hart is belangrijk, niet alleen voor de bloedvulling (TURNER, ⁽⁸⁶⁾), doch ook bij bloeddruk bepalingen in den vinger (pag. 51).

2°. De omschrijving van een toestand als „behagelijk” warm of „koud” is vaag. Zij is dit echter uit den aard der zaak. Deze toestand kan moeilijk door een in getallen uit te drukken grootheid worden weergegeven, bijv. door de rectale temperatuur. UPRUS en GAYLOR ⁽⁸⁸⁾ zagen hoe, na indompelen van de beenen in water van 45°, de rectale temperatuur korten tijd daarna eenige honderdste graden steeg, waarbij de temperatuur in de extremiteiten ook begon toe te nemen. Er bestond echter geen verband tusschen de hoogte der rectale temperatuur en die van de extremiteiten. Bij een volgens dezelfde onderzoekers weinig efficiënte methode van „body-warming”, n.l. door het verwarmen van den romp onder een lichtkast echter, gebeurt

het, dat tijdens die verwarming de temperatuur van de extremiteiten, bij dalende rectale temperatuur, stijgt. Deze resultaten werden door DOWMAN en GOGYN ⁽²³⁾ bevestigd.

Uit het bovenstaande blijkt voldoende, hoe weinig de rectale temperatuur geschikt is den toestand van de circulatie in de extremiteiten te karakteriseeren. Het bleek ons, dat de temperatuur van den handrug of van een vergelijk vinger nog het beste voor ons doel kon worden gebruikt. Is deze boven de 28° C., dan voelt de onderzochte zich vrijwel altijd behagelijk warm. Bij een kamertemperatuur van 20° C. of lager konden wij den behagelijk warmen toestand gedurende langeren tijd handhaven door den proefpersoon in een deken te pakken, waardoor een bruikbare standaardconditie werd verkregen. Laat men de dekens achterwege, dan koelt de onderzochte, ook bij een kamertemperatuur van 20° C., snel af. De circulatie vertoont daarbij een toenemende daling, zooals in fig. 44. De voor ons onderzoek interessante veranderingen in de vingercirculatie gaan dan ontbreken.

Andere onderzoekers hebben ook het belang van een goede verwarming der proefpersonen ingezien. PETERS ⁽⁶⁷⁾, BOLTON ⁽⁶⁾ dompelen in hun plethysmografische onderzoekingen van den vinger de beenen van den proefpersoon in een waterbad van 45° C. In dat geval treedt na zekeren tijd een perifere vasodilatatie op. Deze begint het eerste aan de periferie; pas bij *oververwarming* van het lichaam. Meestal, wanneer de onderzochte begint te zweeten, stijgt ook de temperatuur in de proximale gedeelten van de extremiteiten. Deze methode van lichaamsverwarming werd o.a. door GRANT en HOLLING ⁽³⁷⁾, GIBBON en LANDIS ⁽³⁰⁾ meer nauwkeurig nagegaan. Zij meenen, dat de vasodilatatie in de peripherie reflectorisch tot stand komt. FREEMAN ⁽²⁵⁾ en FATHERREE ⁽²⁴⁾ meenen hetzelfde. Dat de *temperatuur bij lichaamsverwarming voornamelijk in de periferie van de extremiteit* toeneemt wordt door GRANT ⁽³⁷⁾ in hoofdzaak aan het voorkomen van arterio-veneuze anastomosen in eindphalangen, thenar, hypothenar, handpalm en voetzool toegeschreven.

Zonder twijfel bestond er in een aantal onzer proeven een toestand, waarbij de vaten in de handen door lichaamsverwarming wijder waren dan zij zouden zijn geweest, wanneer de proefpersoon onbedekt door een deken was onderzocht. Het is zeer waarschijnlijk, dat aan deze perifere vaatverwijding een betekenissen toekomt voor de regulatie van de lichaamstemperatuur. Mocht die vaatverwijding door een via den sympathicus (GRANT en HOLLING ⁽³⁷⁾) voortgeleiden vasodilatorischen invloed tot stand komen en onderhouden worden, dan is deze toch niet zóó sterk of ook spontane en reflectorische vasoconstricties van cen-

tralen oorsprong, zooals op een pijnprikkel of zucht, vinden geregeld plaats. In al onze proeven onder standaardconditie waren deze invloeden aanwezig. Het is echter mogelijk, dat bij zéér sterke verwarming van het lichaam het vasodilatorisch effect zoo sterk wordt, dat vasoconstricties spontaan en reflectorisch b.v. op pijnprikkels niet meer voorkomen. Dit ontbreken van volume-schommelingen bij zéér warme proefpersonen werd in hoofdstuk II vermeld. BOLTON ⁽⁶⁾, BURTON ⁽¹¹⁾ en WILKINS ⁽⁹⁴⁾ vinden hetzelfde. Het is om deze reden, dat ik een gematigden, hoewel volgens UPRUS ⁽⁸⁸⁾ minder efficiënten vorm van lichaamsverwarming verkoos boven de indompeling van de beenen in warm water, welke laatste methode door hem wordt aanbevolen. Voor ons doel, het handhaven van een temperatuur in de vingers boven 28° C., waren de genomen maatregelen steeds voldoende.

Bij de omschrijving van de conditie waarin de proefpersoon werd onderzocht, werd steeds de kamertemperatuur vermeld.

Hoe belangrijk deze voor de vingercirculatie is vinden wij t.a.v. het volume op pag. 71 e.v. en voor zoover het de instroomsnelheid betreft o.a. in fig. 44, 45.

Onder *niet* experimenteele voorwaarden zijn de invloed van de kamertemperatuur en de temperatuur om den vinger (c.q. in de plethysmograaf) natuurlijk niet te scheiden. Wij willen over den invloed der temperatuur op de vingercirculatie hier nog een en ander opmerken.

3°. In hoofdstukken II en III tonen fig. 14, 15, 21, 22, 24 *locale* temperatuurinvloeden op de vingercirculatie. In hoofdstuk VI fig. 44, 45 de invloed van de *kamertemperatuur*.

Het bleek dat de critische temperatuur waarbij geen circulatieveranderingen meer in den vinger voorkomen bij 16—18° C. ligt, wanneer alleen de vinger wordt gekoeld. Vasomotorische prikkels, als veroorzaakt door een diepe ademhaling, hebben dan geen invloed meer.

Wanneer de proefpersoon als geheel afkoelt (Fig. 45), treedt deze toestand wat eerder in, bij 25°—22° C. Zelfs bij doorstroming van de plethysmograaf met water van bijv. 33° domineert in die gevallen de invloed van de lage kamertemperatuur op de rest van het lichaam. Het moment waarop deze toestand begint in te treden, valt samen met een zich wat kil voelen van den betrokkene. Het kilte of zelfs koude gevoel is een zeer sterke vasoconstrictorische prikkel. De invloed van de kamertemperatuur op de vingercirculatie is driedelig. Ten eerste, indirect, bij voldoende lange inwerking door een kilte „gevoel”; langs vasoconstrictorischen weg. Ten tweede door directe inwerking

op den vinger, ten derde, en dit alleen bij verdergaande afkoeling, door inwerking op de middenhand. Ook bij normale personen toonden wij een vernauwing van de vaten in de arcus volaris aan (fig. 36, 37, 38). De bloeddrukmetingen in hoofdstuk VI, fig. 46, bewijzen dit eveneens. Sommigen zijn meer gevoelig voor deze inwerking dan anderen (S. J. v. d. B. fig. 35, H.H. fig. 33). Deze gevoeligheid kan ook pathologische afmetingen aannemen zooals bij onzen patient in hoofdstuk V. Overgevoeligheid bestond eveneens bij een patient, die eenige maanden met den arm in het gips had gezeten (pag. 114).

Factoren als hongergevoel, vermoeidheid en slaap hebben uitgesproken invloed op de gevoeligheid voor een lage kamertemperatuur. Ook met deze gevoeligheid behoort bij het bepalen van de „conditie” van den proefpersoon rekening te worden gehouden.

De circulatie in den vinger, welke alléén gekoeld wordt en die bij algeheele afkoeling van den onderzochte, vertoonen een zelfde beeld. Enkele punten willen wij hier nog naar voren brengen.

Het ontbreken van een duidelijk verband tusschen instroomsnelheid en volume (hoofdstuk VI) wijst er op, dat voor een afname van de eerste een vernauwing van de arterioli, (ev. arterioveneuze anastomosen) de voornaamste oorzaak is. In het konijnenoor zijn het de anastomosen welke zich, zoowel bij plaatselijke als algeheele afkoeling van het dier, het eerste contraheeren.

De oorzaak dat sterk werkzame centraal nerveuze prikkels geen invloed meer hebben op den kouden (resp. gekoelden) vinger is nog niet opgelost. Het is m.i. niet waarschijnlijk, dat de nerveuze elementen in den vinger door de lagere temperatuur zijn uitgeschakeld. Blijkens de resultaten van „Body-Warming” zijn efferente impulsen nog mogelijk. (FATHERREE⁽²⁴⁾, FREEMAN⁽²⁶⁾, GRANT⁽³⁷⁾). Evenmin is de afferente geleiding geblokkeerd, daar bijv. tijdens een reactie van den vinger op koude, andere vingers een temp.stijging kunnen vertoonen (fig. 36), welke langs vasomotorischen weg tot stand komt.

Het zou ook kunnen zijn, dat die elementen (vaten) waarop de onder normale (behagelijk warm) omstandigheden komende impulsen werkzaam zijn, bij deze lagere temperatuur door contractie zijn uitgevallen en dat de circulatie nu alleen door andere minder reactieve vaten plaats heeft. Dit zou inhouden, dat de gewone fluctuaties in instroomsnelheid en volume voornamelijk door een „spel” van de uitgevallen elementen tot stand komt en ook dat door die elementen normaal een groot deel van het bloed in den vinger circuleert. Wij hebben hier het oog op de arterioveneuze anastomosen in den vinger. Verder dan een onderstelling mogen wij niet gaan. Het feit echter,

dat bij den langzaam afkoelenden proefpersoon (fig. 44, 45) de instroomingsveranderingen vrij plotseling uitvallen en dat tegelijk de instrooming en de temperatuur snel dalen, wijst m.i. zeker in de richting van deze onderstelling. Immers de snelheid van afkoeling van den vinger in koude omgeving hangt af van de stroomsnelheid van het verwarmende bloed door dien vinger. De arterioveneuze anastomosen zijn èn door hun groote aantal, èn door hun bouw (sterk geslingerd, met een groot oppervlak dus, sterke spierwand in het arterieele deel die een snel en volledig contraheeren mogelijk maakt) èn door hun voorkomen (voornamelijk aan de perifere deelen van het lichaam) uitermate geschikt de hun hier toebedachte rol te spelen. De analogieën met hetgeen wij omtrent hun gedrag in het oor bij het konijn vermeldten versterken onze meening in dezen.

Wij bespraken reeds hoe wij het goed mogelijk achtten, dat arterioveneuze anastomosen bij verdere afkoeling van den vinger, (beneden 16° C.) tijdens elke reactie op koude opnieuw een rol gaan spelen.

In dit verband past ook goed dat het circulatiebeeld bij oude menschen, vooral bij diabeteslijders, star is, en dat deze geen of slechts een geringe reactie op afkoeling vertoonen.

GRANT meent, dat de arterioveneuze anastomosen in het konijnenoor een functie voor de temperatuurregulatie hebben. Een dergelijke functie is in verband met het slechts zéér plaatselijke voorkomen van deze elementen bij den mensch, niet waarschijnlijk; wel bestaat de mogelijkheid van een plaatselijke temperatuurregulatie, welke vooral bij sterke afkoeling zeker nuttig is.

4^o. Tot slot volgt een korte schets van de vingercirculatie, zooals wij ons die, in niet experimenteele omstandigheden, moeten voorstellen.

Normaal kunnen locale en algemeene temperatuurinvloeden natuurlijk niet worden gescheiden. Wij zagen in voorgaande hoofdstukken hoe de temperatuur van bepalende invloed is op de circulatie van den vinger.

Bij voldoende hooge buitentemperatuur vertoont de vingercirculatie het, in hoofdstuk II en III besproken, levendige beeld. De temperatuur van den vinger is dan 25° — 22° C. Dit beeld hangt voorts af van individueele verschillen (fig. 17 en 18) en vooral van den leeftijd. Zooals wij zagen worden vrijwel alle, behalve mogelijk de respiratorische, circulatieveranderingen in den vinger, door vasomotorische impulsen veroorzaakt. Beneden een zekere temperatuurgrens van den vinger verliezen deze hun beteekenis. Wij vermoedden dat dan een aantal arterioli en mogelijk ook arterioveneuze anastomosen zich sluiten. Dit geschiedt vrij plotseling; van dat moment af verloopt de

afkoeling van den vinger sneller. Het koude handen krijgen wordt dus veroorzaakt door koude gevoel (reflectorische vasoconstrictie) door directe inwerking van de koude op den vinger en waarschijnlijk in mindere mate en pas later, door de afkoeling van de middenhand (pag. 142, e.v.). Gezien het minder „levendige” circulatiebeeld bij oude mensen en de daarmee samengaanste kleinere circulatie, verwondert ons het klagen over koude handen en voeten bij deze mensen niet. Tevens wordt duidelijk het nut van het dragen van polsmoffen en begrijpen wij waarom het bij algeheel koud zijn zoo moeilijk is de handen „passief” warm te krijgen. Wij veronderstelden, dat voor de circulatie in den vinger de arterioveneuze anastomosen van belang zijn; dat zij voor de temperatuursregulatie van meer dan plaatselijke beteekenis zijn is niet waarschijnlijk. Deze beteekenis komt naar voren bij zoodanig lage temperatuur van de omgeving, dat de vinger afkoelt tot beneden 16° C. Interessant is dus dat er slechts een klein temperatuurinterval is tusschen het moment waarop zich een groot aantal arterioli en arterioveneuze anastomosen sluit, het moment waarop de afkoeling van den vinger sneller gaat verlopen (fig. 44, 45) en de reactie van den vinger op verdere afkoeling (hoofdstuk IV). Een dergelijk gedrag is natuurlijk ook doelmatig. De laatste reactie ontbreekt bij oudere diabetes patienten (pag. 127).

5°. Eenige beschouwingen over de ziekte van Raynaud. Bij een patient met de ziekte van Raynaud vonden wij, in verband met de leeftijd, een lagere gemiddelde instroomsnelheid, maar verder normale vaatreactie wanneer de betrokkene warm was. Afwijkend was alleen het gedrag van de vaten in de middenhand, welke pathologisch gevoelig voor afkoeling waren. Het betrof hier een vrij ernstig geval van Raynaud en toch was rechts een duidelijke reactie op afkoeling aanwezig (pag. 133). Van een normale beïnvloeding der vaten in de middenhand door koude tot de ziekte van Raynaud bestaan alle overgangen (pag. 113, e.v.).

Wanneer wij de ziekte van Raynaud zoo zien is het slechts tijdelijke succes van een sympathectomie aan de hals begrijpelijk. Tijdelijk omdat er door de sympathectomie een perifere vasodilatatie ontstaat, welke de hand minder gemakkelijk doet afkoelen. Door het ontbreken van centraal-vasoconstrictorische impulsen hebben koude prikkels langs dezen weg geen invloed op de vingercirculatie. Later, wanneer zich de vaattonus hersteld, keeren de aanvallen terug ¹⁾. Voor een

¹⁾ Onderzoekingen over de ziekte van Raynaud, in verband met de resultaten van operatieve behandeling (in bewerking).

Gemeente Ziekenhuis, den Haag.

zeer gering deel is het resultaat te danken aan het onderbreken van centraalkomende vasoconstrictorische impulsen. Ik vond n.l. bij één onzer patienten dat, wanneer de vinger (en handrug) een zekere, critische temperatuur had bereikt (22° C.), een sterke koude prikkel op het lichaam, welke een huivering verwekte (GILDEMEISTER ^(30a)), juist de doorslag kon geven voor het inleiden van een „aanval”. Overigens kon deze invloed geheel worden ondervangen door plaatselijke verwarming van den handrug.

Ook bij de in het Gemeente Ziekenhuis met sympathectomie behandelde patienten hadden wij slechts tijdelijk resultaat. Bij enkele patienten waren reeds vingertoppen ten deele necrotisch geworden, waren andere vingers sterk atrophisch, enz. Bij deze ontbrak een aantal malen de reactie op koude en soms ook het effect van een zucht (alleen bij de ouderen). Wij moeten dus aannemen, dat hier door een langdurige slechte circulatie kleine thromben zijn ontstaan.

Naar mijn meening is sympathectomie voor de ziekte van Raynaud, hoewel vaak nuttig en verbetering brengende, toch geen genezende therapie met blijvende waarde.

In de toekomst is het van eminente beteekenis niet alleen de diagnose Raynaud „à vue” en op grond van de anamnese te stellen, maar ook bij elk dier patienten een (helaas tijdroovend) onderzoek te verrichten naar de quantitatieve circulatie in den vinger, vaatreacties, gevoeligheid van de middenhand voor afkoeling, resultaten „body-warming”, en na eventueele operatie naar de volledigheid van de sympathectomie (effect van een zucht op de ademhaling).

Ik heb de hoop, dat de in dit proefschrift beschreven techniek en wijze van onderzoek hiertoe mag bijdragen.

SAMENVATTING.

1. Beschreven is een methode tot nauwkeurig kwalitatief en quantitatief onderzoek in den vinger van: volume, instroomsnelheid, temperatuur en bloeddruk.

2. Constructie van een nieuwe plethysmograaf, welke het ontstaan van kunstproducten uitsluit en handhaving van een zekere constante temperatuur in de plethysmograaf mogelijk maakt. Ook een nieuw soort, zeer gevoelige volume schrijver, werd geconstrueerd.

3. Aangetoond wordt het groote belang van een zekere „standaard” conditie van den proefpersoon voor vergelijkbare onderzoekingen van dezen aard. Deze conditie betreft houding, kamertemperatuur en huid-temperatuur van den proefpersoon.

4. Beschreven worden rhythmische circulatieveranderingen (in volume en instroomsnelheid) synchroon met de ademhaling.

5. Eveneens worden langzame en plotselinge reactieve volume- en instroomingsveranderingen beschreven.

6. Gevonden wordt, dat er een zéér groote symmetrie bestaat tusschen de reacties van de vingers rechts en links, zoowel wat betreft de aard der reacties als hun quantitatief verloop.

7. Beschreven wordt het effect van een enkele diepe ademhaling op de vingercirculatie.

8. Onderzocht werd de invloed van de temperatuurveranderingen in de plethysmograaf op de vingercirculatie. Bij een temperatuur van 16—18° C. verdwijnen alle reactieve en spontane volume- en instroomingsveranderingen.

9. Onderzocht wordt een bij lagere temperaturen dan 16° C. optredende merkwaardige reactie van den vinger op afkoeling.

10. De circulatie in den vinger van een „kouden” proefpersoon vertoont hetzelfde beeld als de circulatie in een afgekoelden vinger.

11. De invloed van afkoeling van den geheelen proefpersoon op de vingercirculatie is grooter dan die van afkoeling van den vinger alleen.

12. Gegeven wordt een nauwkeurige analyse van de reactie van den vinger op koude. De voornaamste conclusies zijn:

- a. de reactie bestaat bij alle normale personen, wordt niet door vasomotorische impulsen beïnvloed, maar ontstaat door den directen invloed van de temperatuur op den vinger.

- b.* de sterkte van de reactie is van de mate van afkoeling van de hand afhankelijk.
 - c.* De reactie wordt waarschijnlijk veroorzaakt door een histamine-achtige stof.
 - d.* Arterioveneuze anastomosen spelen waarschijnlijk in deze reactie een rol.
 - e.* De reactie is onder bepaalde omstandigheden afwezig. Dit is o.a. het geval bij sterke afkoeling van sommige proefpersonen. Bij hen treedt een vernauwing van de bloedvaten in de middenhand op, welke niet langs nerveuzen weg, maar door locale inwerking van de koude tot stand komt. Vooral gevoelig waren onder de normale proefpersonen zij, die een acrocyanose vertoonden.
 - f.* Een pathologische gevoeligheid voor afkoeling van de middenhand bestaat bij de ziekte van Raynaud; zij vormt mogelijk wel de essentie van deze aandoening.
 - g.* Een gradueele overgang van de normale vernauwing van bloedvaten in de middenhand op afkoeling naar een pathologische reactie als bij de ziekte van Raynaud, wordt op experimenteele gronden aangenomen.
 - h.* Een reactie op koude ontbreekt bij oudere diabetespatienten. Vermoed wordt, dat dit samenhangt met een juist bij diabetes beschreven degeneratie van arterioveneuse anastomosen.
13. In hoofdstuk VI wordt het verband tusschen de verschillende grootheden: volume, temperatuur, instroomsnelheid, volumepols en bloeddruk nagegaan.

Bij een nauwkeurig onderzoek naar de vingercirculatie kunnen deze waarden elkaar meestal niet vervangen.

SUMMARY.

1. Description of a method for closely examining the quality and the quantity of different circulatory phenomena in the finger, viz.: volume, inflow, temperature, and blood-pressure.

2. Construction of a new plethysmograph, which excludes the arising of artefacts and makes possible the maintaining of a certain constant temperature in the interior of the instrument. Also the construction of a new kind of very sensitive volume-recorder has been described.

3. Demonstration of the great importance of a certain „standard” condition of the subject for comparable experiments of this kind. This „Standard” condition concerns attitude, room-temperature, and skin-temperature of the subject.

4. Description of rhythmical circulation-changes (in volume and inflow-) synchronous with the respiration.

5. Likewise description of slow and sudden reactive volume- and inflow-changes.

6. A great symmetry is found to exist both in quantitative- and time-relations between the reactions of the fingers of the right and the left hand.

7. Description of the effect of one single respiration upon the finger-circulation.

8. Experiments regarding the influence of temperature-changes in the plethysmograph on the finger-circulation. At a temperature of 16° — 18° C. all reactive- and inflow-changes disappear.

9. Description of a peculiar reaction of the finger upon cooling, setting in at temperatures lower than 16° C.

10. The circulation in the finger of a „cold” subject shows the same phenomena as after cooling the finger alone.

11. The influence of cooling of the subject altogether upon the finger-circulation is greater than that of cooling of the finger alone.

12. A close analysis of the reaction of the finger upon cold has been given. The most important results are:

- a. The reaction exists with all normal persons, is not influenced by vasomotor impulses but arises by direct influence of the temperature upon the finger.

- b.* The reaction is strongly dependent on the degree of cooling (in the temperature) of the hand.
 - c.* The reaction is probably caused by a histamine-like substance.
 - d.* Arterio-venous anastomoses probably play a part in this reaction.
 - e.* The reaction is absent under certain conditions. This is the case a.o. after strong cooling of some subjects. In these subjects there occurs a narrowing of the bloodvessels in the metacarpus not caused by nervous action but by the local cooling. Especially sensitive were normal subjects, who displayed an acrocyanosis.
 - f.* A pathological sensitiveness to cooling of the metacarpus exists in Raynaud's disease and possibly forms the essence of this affection.
 - g.* A gradual transgression of the normal narrowing of blood-vessels in the metacarpus after cooling into a pathological sensitiveness as in Raynaud's disease is assumed on experimental grounds.
 - h.* A reaction upon cooling is absent in aged diabetics. It is supposed, that it is connected with the degeneration of arterio-venous anastomoses, which is described in diabetes.
13. In chapter II the correlations between: volume, temperature, inflow-, volume-pulse, and blood-pressure are examined.
- In a close examination of the finger-circulation these values can as a rule not replace each other.

LITERATUURLIJST.

1. ABRHAMSON, D. J.; ZAZEELA, H.; MARRUS, J.: *Am. Heart J.* 7. 194. 1939
2. ABRAHAMSON, D. J.; ZAZEELA, H.; OPPENHEIMER, B. S.: *Proc. Am. Physiol. Soc.* 126. 414. 1939.
3. ALLEN, E. V.; BROWN, G.: *The Am. J. of the Med. Sci.* 183. 187. 1932.
4. BASCH, S. v.: *Wien. Med. Wochenschr.* 1883.
5. BIER, A.: *Virchows Archiv.* 147; 293; 444; 1897.
6. BOLTON, B.; CARMICHAËL, STÜRUP, G.: *J. Physiol.* 86. 83. 1936.
7. BONSDORFF, B. v.: *Handbuch der Physiol. Arbeitsmeth. (Abderhalden)* V. 8. 927.
8. BROEKEMA, M. M. M.: niet gepubliceerde onderzoeken *Physiol. Lab. Groningen.*
9. BROEMSER, PH.: *Handbuch der Physiol. Arbeitsmethod.: (Abderhalden)* V. I. 84.
10. BRUNS, O.: *Med. Klin.* 17. II. 1136. 1921.
11. BURTON, A. C.: *Am. J. Physiol.* 127. 437. 1939.
12. — *Proc. Am. Physiol. Soc.:* 123. 29. 1938.
13. BUYTENDIJK, F. J. A.; DIRKEN, M. N. J.: *Acta Brevia Neerlandica* vol. X. 13. 1941.
14. CARMICHAËL, P. A.; DOUPE, J.: *J. Physiol.* 95. 276. 1939.
15. — *J. Physiol.* 93. 213. 1937.
16. CLARA, MAX: *Die Arteriovenösen Anastomosen, enz.:* J. A. Barth Verlag, Leipzig 1939.
17. CLARK, E.: *Physiol. Rev.* 18. 1938.
18. — *Am. J. Anat.* 54. 229; *Anat. Rec.* 47. 187. 1930.
19. COLLENS, WILLINSKI: *J. A. M. A.* 109, 131, 2125. 1937.
20. DESSECKER, STEINHAUSEN: *Pfl. Arch.* 202. 168. 1924.
21. DILLON, J. A.; HERZMANN, A. B.: *Proc. Am. Physiol. Soc.* 477. 1939.
22. DOUPE, J.: *Brain.* 60. 281. 1937.
23. DOWMAN, COGYN: *J. Physiol.* 96. 14. 1940.
24. FATHERREE, T. J.: *Arch. Int. Med.* 62. 1015. 1938.
25. FREEMAN, N. A.: *Am. J. Physiol.* 113. 384. 1935.
26. — *Am. J. Physiol.* 107. 529. 1934.
27. FULTON, J. F.: *Annals of Surgery.* 88. 827. 1928.
28. GAERTNER: *Wiener Med. Wochenschr.* 30. 1899.
29. GANTER, G.; SCHREZENMAYR, A.: *Naunyn-Schmiedeberg Arch.* 149. I. 1930.
30. GIBBON, LANDIS: *J. Clin. Invest.* II. 1019. 1932.
- 30a. GILDEMEISTER, A.: *Pfl. Arch.* 197. 1923.
31. GOETZ, H.: *Pfl. Arch.* 235. 271. 1935.
32. GRANT, R. T.; PEARSON, R. S. B.: *Clin. Sci.* 3. 119. 1937—1938.
33. GRANT, R. T.; BLAND, E. F.: *Heart* XV. 385. 1929—1931.
34. GRANT, R. T.: *Heart* XII. 73. 1925.
35. GRANT, R. T.: *Heart* XV. 281. 1929—1931.
36. GRANT, R. T.; BLAND, E. F.; CAMP, P. D.: *Heart* XVI. 69. 1933.
37. GRANT, R. T.; HOLLING, J.: *Clin. Sci.* 3. 273. 1937—1938.
38. GRANT, R. T.: *Clin. Sci.* 2. I. 1935.
39. GROSSER: *Arch. f. Mikr. Anat.* LX. 191. 1902.
40. HAUS: *Zschr. Exp. Med.* 105. 187. 1939.
41. HEIMBERGER: *Zschr. f. ges. exp. Med.* 46. 519. 1925.
42. HERING, E.: *Sitzungsber. Kais. Akad. der Wissensch. Wien.* 60. 2 Abt. 1869.
43. HERZMANN, A. B.: *Am. J. Physiol.* 124. 328. 1938.
44. — *Proc. Am. Physiol. Soc.* 123. 99. 1938.
45. HERZMANN, A. B.; DILLON, J.: *Am. J. Physiol.* 127. 671. 1939.
46. HEWLETT, ZWALUWENBURG: *Heart* I. 87. 1909.

47. HOLT, J. P.: Proc. Am. Physiol. Soc. 126. 538. 1938.
48. HOYER: Archiv f. Mikr. Anat. XIII. 603. 1877.
49. JOHNSON, C. H.: Surgery, Gynecology, Obstetrics. 72. 889. 1941.
50. KROGH: The Anatomy and Physiology of Capillaries, New Haven, 2nd. ed. 1929.
51. KÜPPER: Ztschr. f. Psychol. 81. 129. 1919.
52. LEWIS, T.: Heart XV. 177. 1929—1931.
53. LEWIS, T.; LANDIS, E. M.: Heart XV. 229. 1929—1931.
54. LEWIS, T.: Heart XV. 351. 1929—1931.
55. — Heart XV. 229. 1939—1931.
56. — Heart XV. 7. 1929—1931.
57. — Clin. Sci. 3. 321. 1937—1938.
58. LEWIS, T.; LANDIS, E. M.: Heart XV. 151. 1930.
59. LEWIS, T.: Clin. Sci. 3. 287. 1937—1938.
60. LIEB, C. C.; MULINOS, M. G.; TAYLOR, H.: Proc. Soc. Exper. Biol. a. Med. 34. 89. 1936.
61. MARTIN, S. J.; MARCELLUS, F. C.: J. Lab. a. Clin. Med. 24. III. 1939.
62. MASSON, P.: Les glomus neurovasculaires. Policard, Hermann Cie. Paris. 1937.
63. — L'Appareil nerveux des glomus neurovasculaires cutanés. Bull. Hist. app. 13. 1936.
65. MULINOS, M. G.: Am. J. Physiol. 125. 310. 1939.
66. MÜLLER: Archiv f. Anat. u. Physiol. 202. 1835.
67. PETERS, G.: Pfl. Arch. 241. 202. 1939.
68. POPOFF: Arch. of Pathol. 18. 295. 1934.
69. RAYNAUD, M.: Thèse de Doct. 1862.
70. — Arch. Gén. de Méd. I. 189. 1874.
71. ROEMER, HOERNICKE: Ztschr. Exper. Med. 45. 278. 1925.
72. SALAND, G.: Am. Heart J. 17. 581. 1939.
73. SHEARD, C.: Arch. Phys. Therap. 20. 133. 1939.
74. SHULMAN, IS.: Proc. Am. Physiol. Soc. 126. 629. 1939.
75. SCHUMACHER: Archiv. f. Mikr. Anat. LXXI. 58. 1908; LXXXVII. 309. 1916.
76. SHULMAN, IS.; MULINOS, M. G.: Proc. Am. Physiol. Soc. 123. 185. 1938.
77. SILBERT, S.: Am. Heart. J. 15. 265. 1938.
78. SIMMONS, R. T.; SHEEHAN, D.: Lancet. 788. 1937 (2).
79. SMITHWICK, R. H.; FREEMAN, N. A.: Arch. Surg. 29. 759. 1934.
80. SODEMAN, W. A.: J. Clin. Invest. 16. 787. 1937.
81. STEAD, KUNKEL: J. Clin. Invest. 17. 506. 1938.
82. SUCQUET: D'Une circulation dérivative dans les membres et dans la tête chez l'homme. Paris. 1862.
83. TELFORD, E. D.: Lancet. 2. 771. 1932.
84. — Lancet. I. 70. 1938.
85. TRAUBE, S.: Ges. Beitr. z. Pathol. u. Physiol. Bd. I. 387. 1871.
86. TURNER, R. H.: J. Clin. Invest. 16. 789. 1937.
87. UHLENBRUCK, P.: Zschr. Biol. 80. 35. 317. 1924.
88. UPRUS, V.; GAYLOR, J. B.: Clin. Sci. 2. 301. 1935.
89. WEBER, E.: Einfluss Psychischer Vorgänge auf den Körper. Berlin. 1910.
90. WHITE, J. C.: The autonomic nervous system. New-York. 1935.
91. WHITE, J. C.: New Engl. J. Med. 216. 61. 1937.
92. — J. A. M. A. 107. 350. 1936.
93. WIERSMA
94. WILKINS, R. W.; DOUPE, J.; NEWMAN, H. W.: Clin. Sci. 3. 403. 1937—1938.
95. WILKINS, R. W.; DOUPE, J.: J. Physiol. 95. 244. 1939.
96. WRIGHT, D.: J. A. M. A. 103. 318. 1938.

